

アドバンス・シミュレーション 第1回 ・セミナー 2023

2023年 4月21日(金) 開催

プログラム

1. アドバンスソフト株式会社についてと、先生のご紹介 1
- 招待講演
2. 「防災・インフラ分野でのシミュレーションへの期待と課題」 3
国立研究開発法人 海洋研究開発機構 付加価値情報創生部門
部門長 堀 宗朗 様
3. アドバンスソフトからの情報提供 43

講演概要

「防災・インフラ分野でのシミュレーションへの期待と課題」

国立研究開発法人 海洋研究開発機構 付加価値情報創生部門
部門長 堀 宗朗 様

国土交通省データプラットフォーム等を利用する、防災・維持管理用の都市のデジタルツインの開発と利用の検討が進められている。この中では、より効果的な対策・政策の立案に資する、都市全体の解析モデルを使った自然災害や構造物の劣化の予測シミュレーションが重要な課題である。

本講演では、都市のデジタルツインの現状を概説し、開発に関わる研究プロジェクトを紹介した後、都市のデジタルツインが実現する予測シミュレーションの期待と課題について説明する。



アドバンスソフト株式会社 セミナー事務局

〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台四丁目3番地 新お茶の水ビルディング 17階西

TEL: 03-6826-3971 FAX: 03-5283-6580

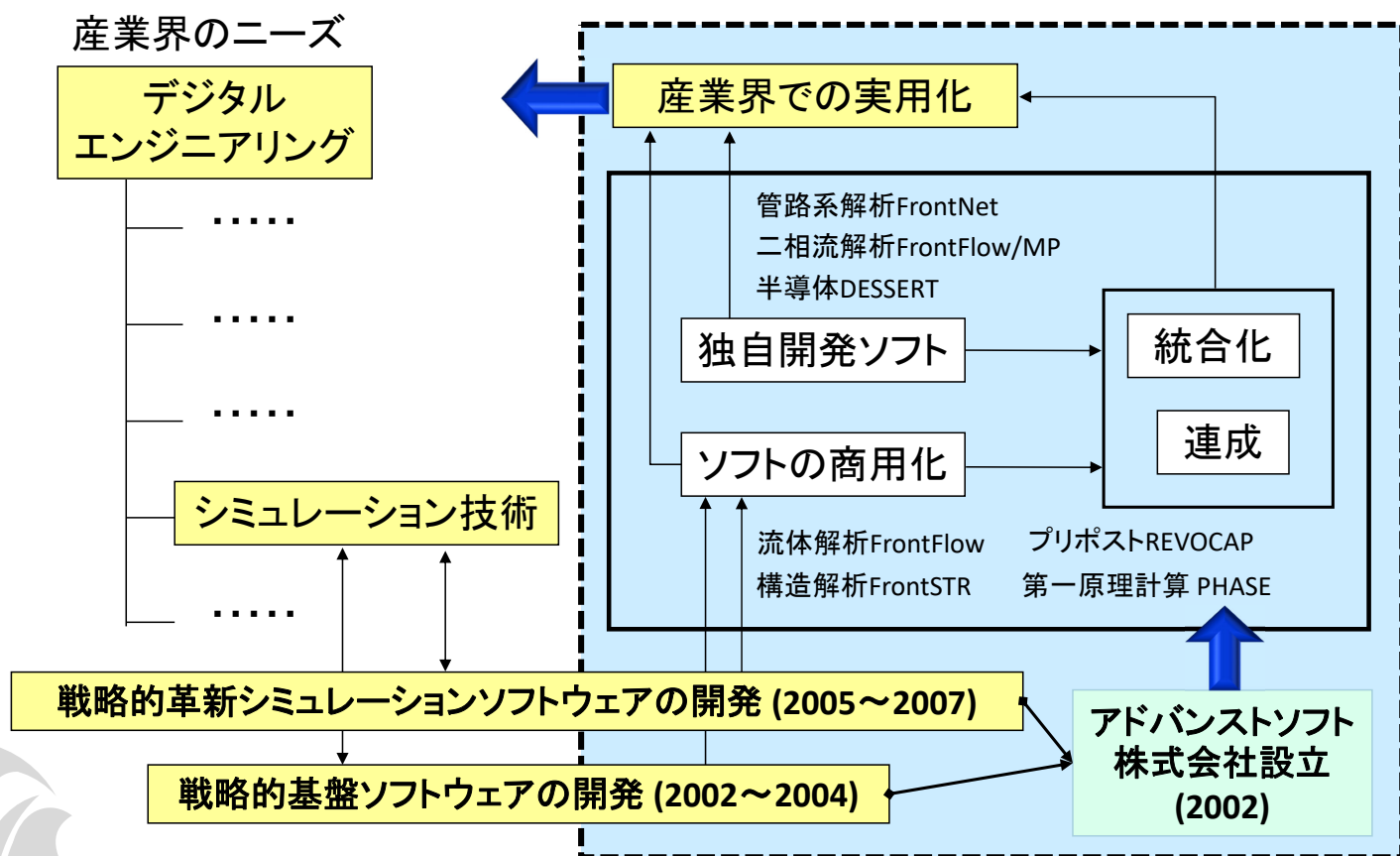
URL: <http://www.advancesoft.jp/> E-mail: office@advancesoft.jp

アドバンスソフト株式会社についてと 先生のご紹介

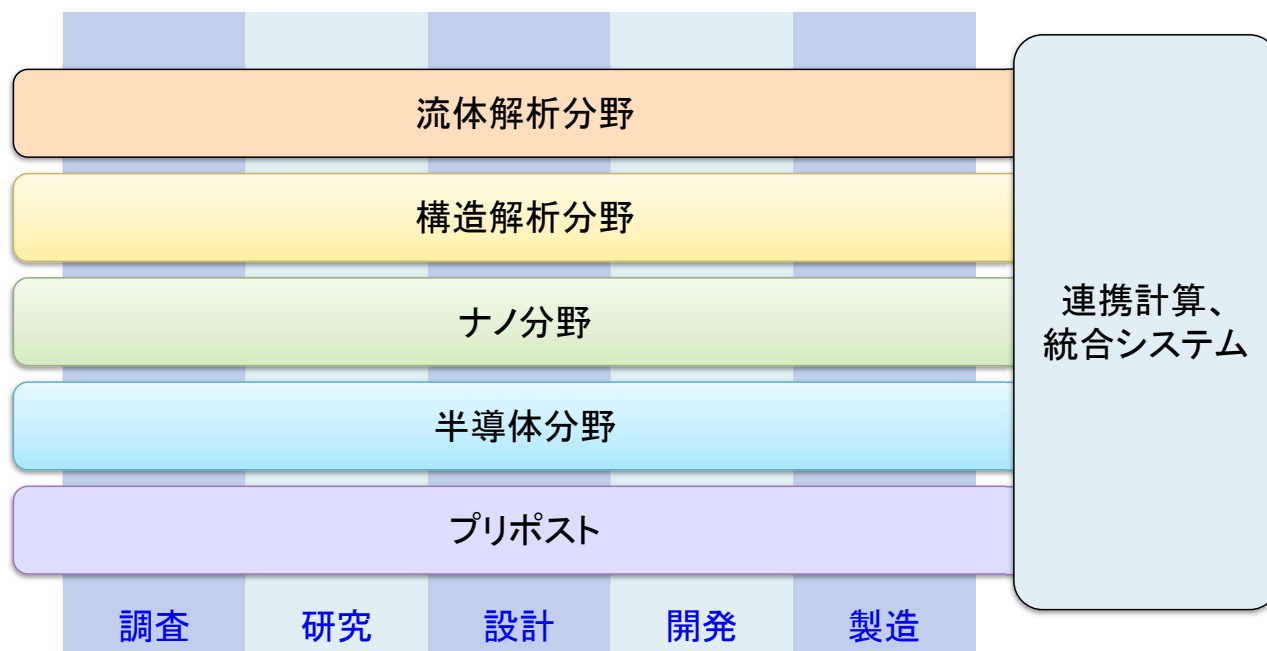
第1回 アドバンス・シミュレーション・セミナー
(JAMSTEC 付加価値情報創生部門 部門長 堀 宗朗 様)

2023年4月21日 (金) 開催
アドバンスソフト株式会社

アドバンスソフトとは



事業分野



産業の主要な分野のあらゆるフェーズで直面する課題に対し、
科学技術計算によるソリューションをご提供します。

堀 宗朗 先生のご紹介

ご経歴

- 1984年 東京大学 工学部 土木工学科 卒業。
- 1987年 カリフォルニア大学 サンディエゴ校 応用力学・基礎工学科 博士課程修了。
- 2001年 東京大学 地震研究所 教授
- 2012年 理化学研究所 計算科学研究機構 総合防災・減災研究ユニットリーダー。
- 2019年 海洋研究開発機構 付加価値情報創生部門 部門長。

ご研究内容

専門は計算地震工学、応用力学、統合地震シミュレーションと
地震応答解析のため並列有限要素法の研究開発。

防災・インフラ分野での シミュレーションへの期待と課題

堀宗朗（海洋研究開発研究機構）

ご協力をいただいた方々

鈴木俊一・堀田歩・羽場一基・園部秀明（大成建設）、澤田昌孝・秋葉博（電中研）、溜幸生・大塚悠一（東電設計）、米田大樹（前田建設）、伊藤輝（東洋建設）、飯山かほり（鹿島建設）、本田利器・石田哲也・市村強・Lalith Wijerathne（東大）、飯塚敦・大石哲・竹山智英（神戸大）、浅井光輝（九大）、山野井一輝（京大）、堀高峯・古市幹人・西浦泰介・大谷英之（JAMSTEC）、井料隆雅（東北大）、横松宗太（IISASA）

内容

- ◆ HPCを利用した統合地震シミュレーション
 - 理学 地震波動伝播，地殻変動
 - 工学 地震動増幅，都市地震応答
 - 社会科学 群集避難，都市交通，地域経済
- ◆ 地震応答解析のための並列有限要素法
 - 要素技術 ソルバ，構成則
 - 適用例 重要構造物，地表地震断層
- ◆ 防災・インフラ用の都市のデジタルツインの自動構築
 - 国土交通データプラットフォームとシミュレーション
 - 構造物 RC橋梁，NATMトンネル，地盤，河川・港湾

内容

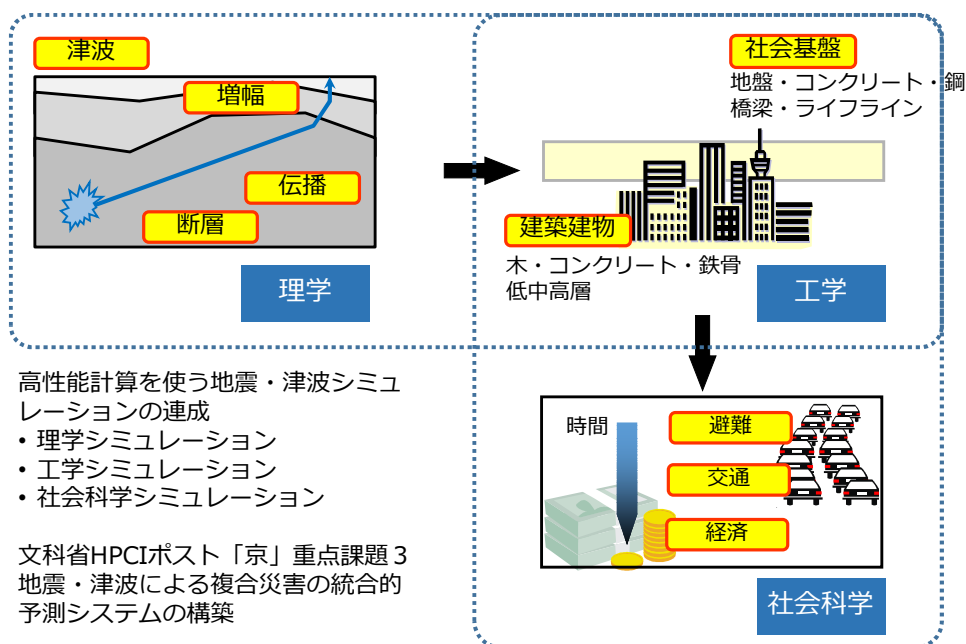
- ◆ HPCを利用した統合地震シミュレーション
 - 理学 地震波動伝播, 地殻変動
 - 工学 地震動増幅, 都市地震応答
 - 社会科学 群集避難, 都市交通, 地域経済

- ◆ 地震応答解析のための並列有限要素法
 - 要素技術 ソルバ, 構成則
 - 適用例 重要構造物, 地表地震断層

- ◆ 防災・インフラ用の都市のデジタルツインの自動構築
 - 国土交通データプラットフォームとシミュレーション
 - 構造物 RC橋梁, NATMトンネル, 地盤, 河川・港湾

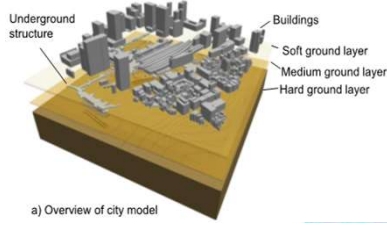
3

統合的予測システム

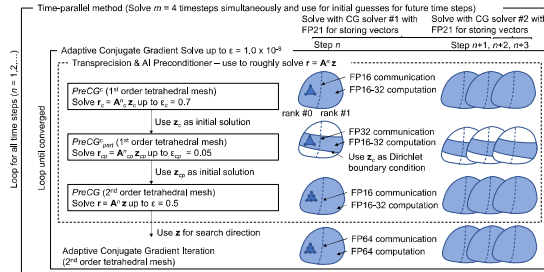


4

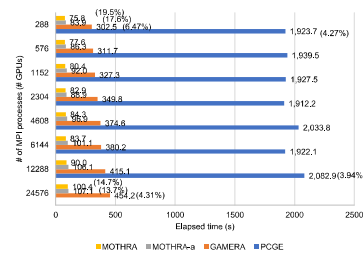
理学・工学：非線形有限要素法



a) Overview of city model
都市モデル



ソルバのアルゴリズム



Summitでのweak scaling

- ◆ HPCとAIの新たな融合を提案し、SC18 Gordon・Bell賞ファイナリストに選出
 - SC14・15でのGordon・Bell賞ファイナリス
 - SC16・17でのベストポスター賞に続く快挙
 - ソルバのさらなる高速化を達成
 - 精度混合演算&時間並列手法
- ◆ AIを用いた収束性の低い領域の抽出
 - FP21を用いた効率的データ格納
 - Summit (TOP500 No.1) を含む高い並列性能

理学：DEM

25億粒子を用いたDEM断層形成シミュレーション

- ◆ 動的負荷分散技術の高度化により、超多数粒子に成功
- ◆ 砂箱実験による妥当性確認
- ◆ 動的負荷分散技術の津波粒子シミュレーションへの適用

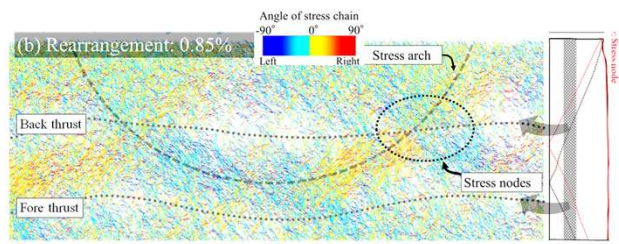
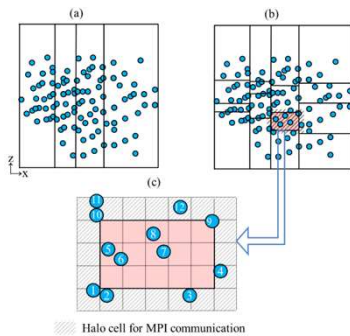
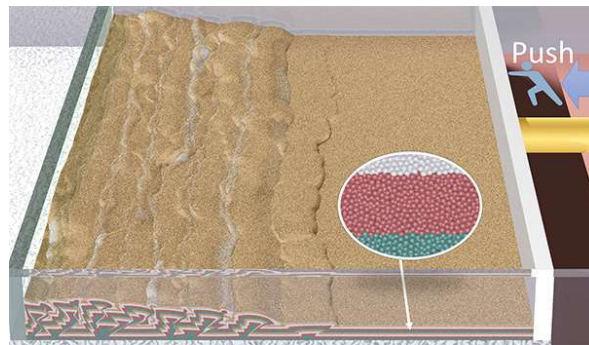
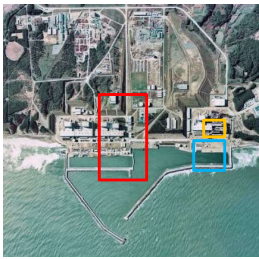
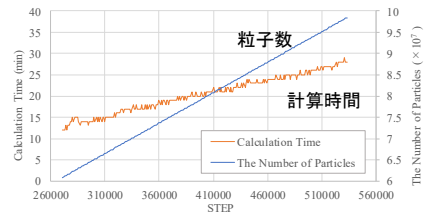


Fig. 1: Map view of σ_1 of particles in the stress chain at the first thrust formation

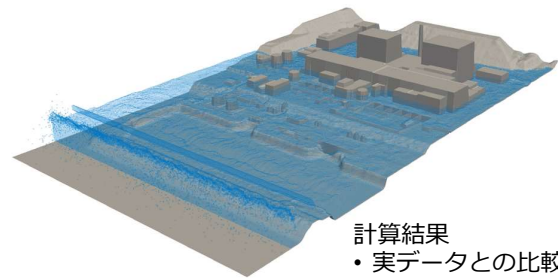
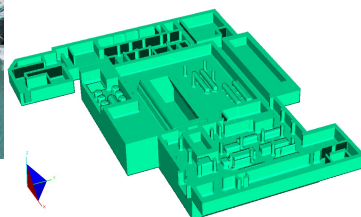
工学：津波

MScPhy：粒子系固体-流体数値解析手法

- 粒子で津波や地形・建物をモデル化
- 自由表面の扱いが容易
- 元来、並列計算には適さない粒子系の計算で高性能



- 解析モデル
- 建屋の中までモデル化
 - 粒子系 30cm
 - 並列数 128ノード (京)

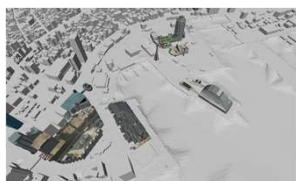


福島原子力発電所の津波浸水の再現

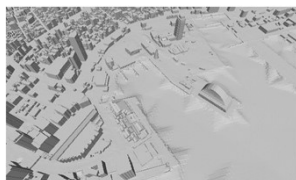
- 計算結果
- 実データとの比較
 - 計算性能の確認

7

工学：津波シミュレーション用都市モデル自動構築



3次元地形データ



1m解像度2次元格子データ

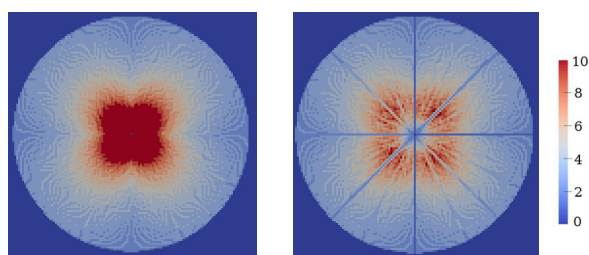


- ◆ 津波解析モジュールJAGURSに入力
- ◆ 地震・津波シミュレーション用の高度都市モデルの構築可能

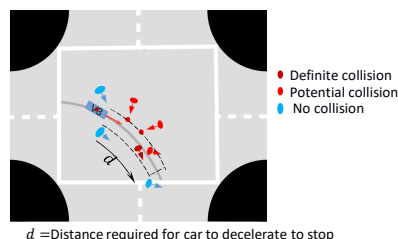
8

社会科学：群集避難MAS

- ◆さまざまな属性を持つ群集が都市内の複雑な経路を避難する状況を数値解析するするためのMAS (Multi-Agent System)
 - 避難行動の詳細な行動原理に基づき、属性に応じた一人一人の避難行動を模擬するエージェントモデル
 - 都市の多様な要因（道路、建物、避難者、自動車、等）を加味した精緻な都市避難経路モデル
- ◆スケーラブルなMASの開発に成功



Before (b) After
歩行者エージェントのスキャン機能の改善



d = Distance required for car to decelerate to stop
自動車エージェントの交差点侵入・通過機能の改善

9

社会科学：群集避難MASのスケーラビリティ



32 partitions

Strong Scalability

Number of nodes	Runtime (s)	Strong scalability
256	5016	
512	2516	99%
1024	1400	89%
2048	842	83%

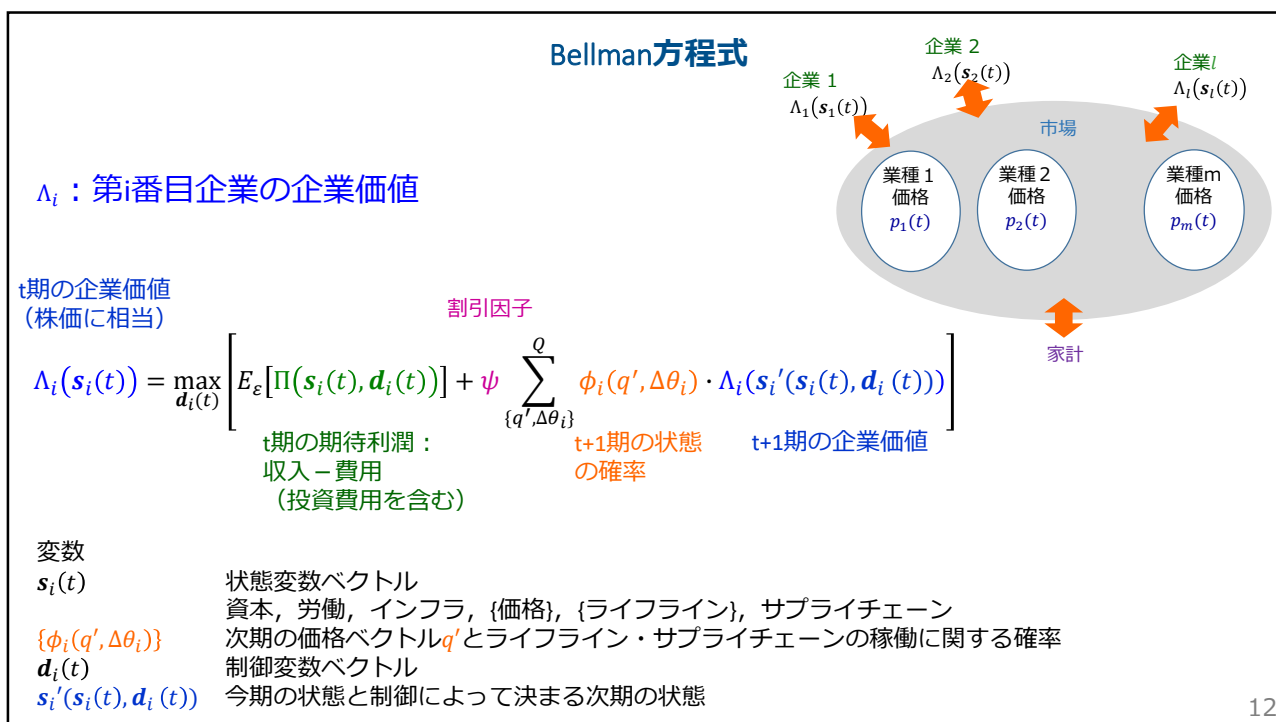
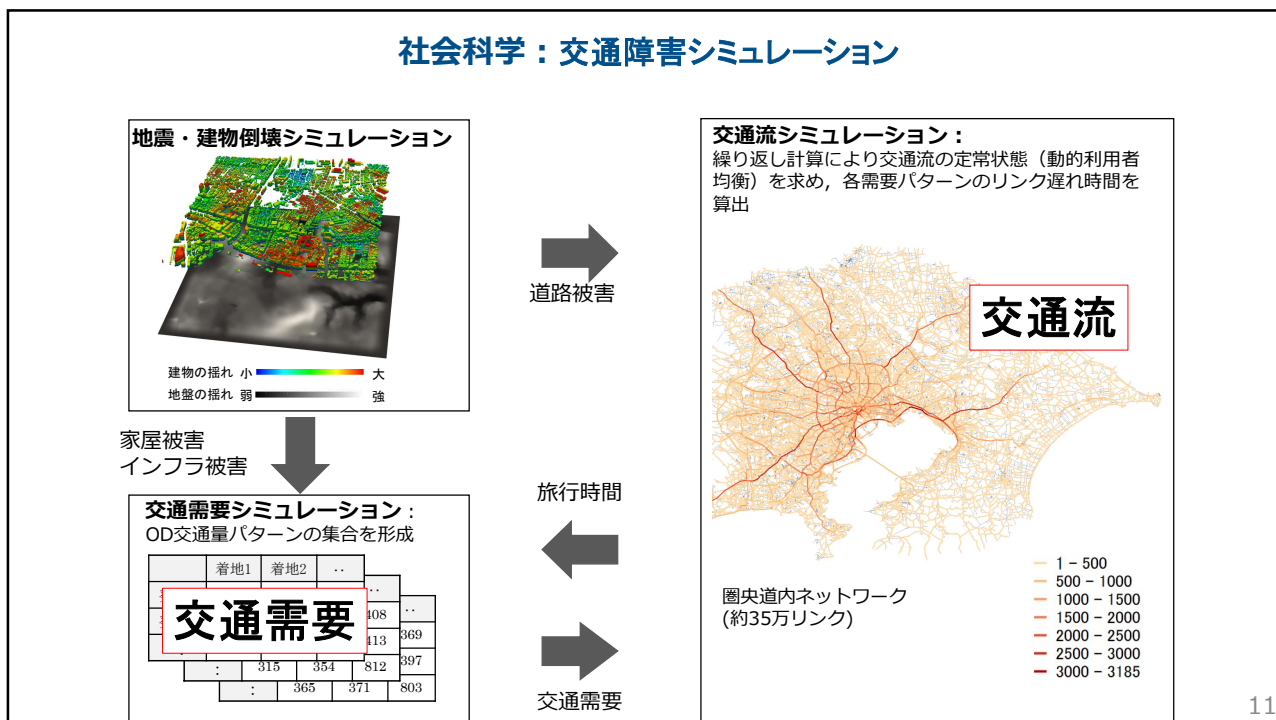
性能

- 空間：1m×1m, 時間：0.1秒
- 領域 最大900km²
- エージェント数1,000万以上
- 京で2048ノードまでスケール

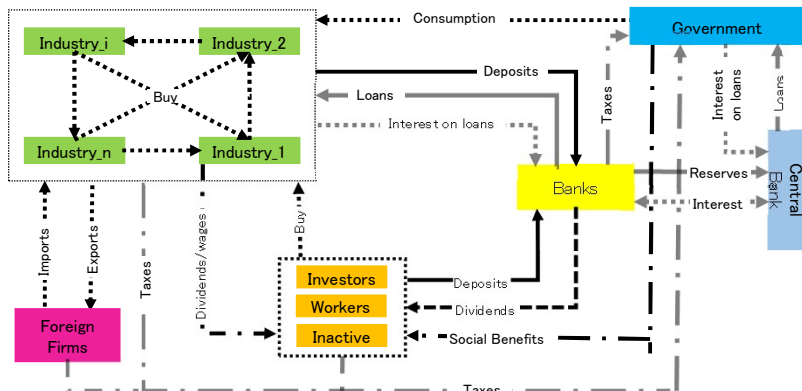
モデル自動構築

- 多様な都市データの自動変換
- エージェント挙動用グリッドモデル
- エージェント記憶用ノードリンクモデル

10



社会科学：経済活動MAS



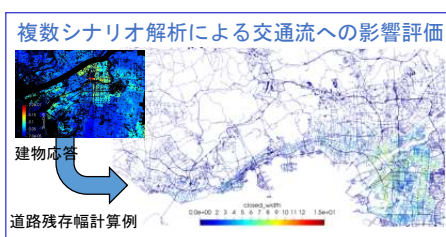
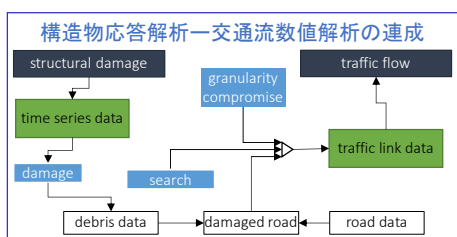
Number of MPI processes	Runtime per period (s)	Scalability (%)
16	492.00	
32	294.13	83.64
64	187.04	78.63
128	129.00	72.50
256	107.32	60.10

Problem settings: 20 periods with 331million agents in reedbus computer (The Univ. of Tokyo)

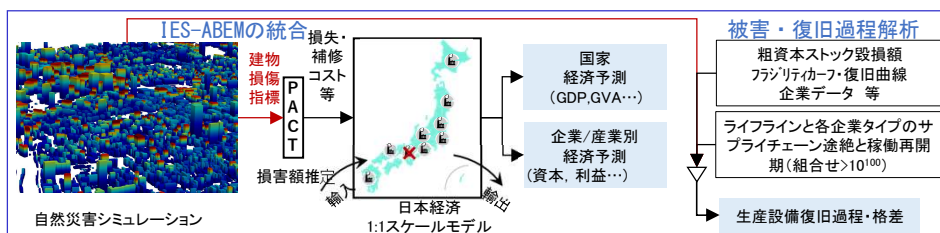
- ◆ Poledna et al. による Macro Economic ABM
 - 一般的な経済モデルとの比較に基づく有効性は検証
- ◆ MASの特徴：マルチエージェント型経済シミュレーションで初のHPC実装
 - 日本全国の1:1スケール（1億エージェント、1億人+400万企業）が可能
 - モンテカルロシミュレーションが可能

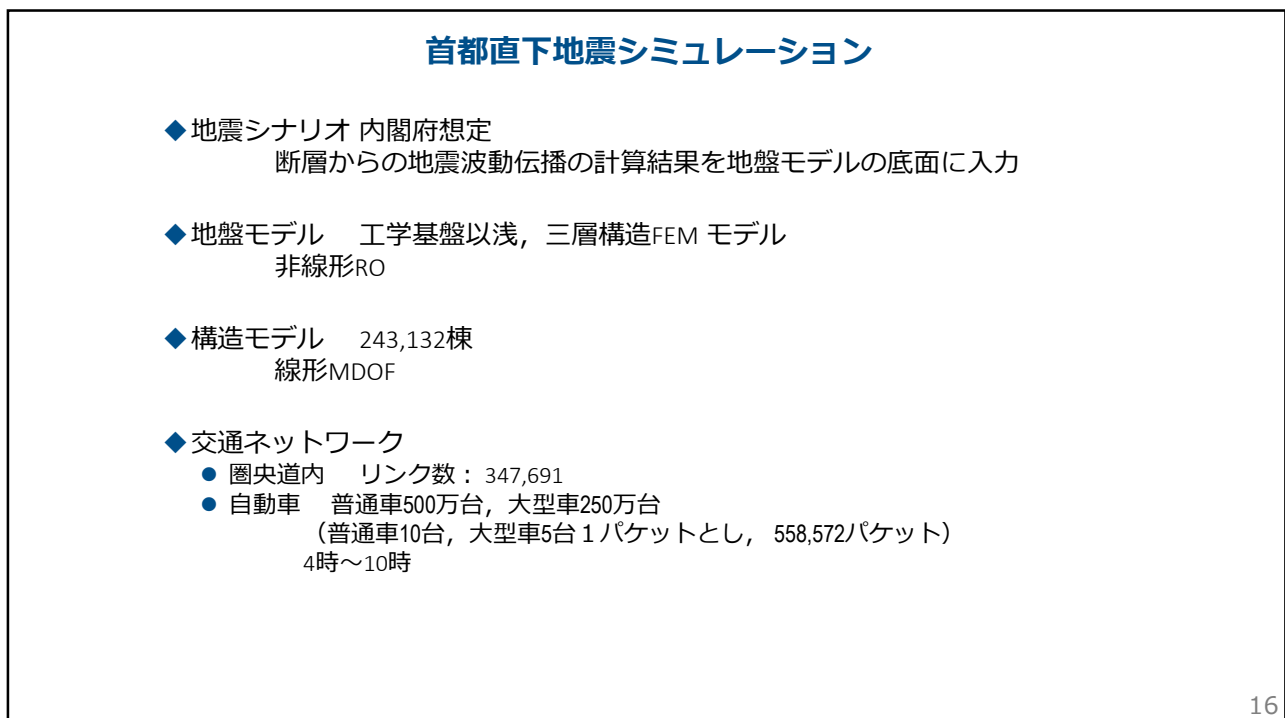
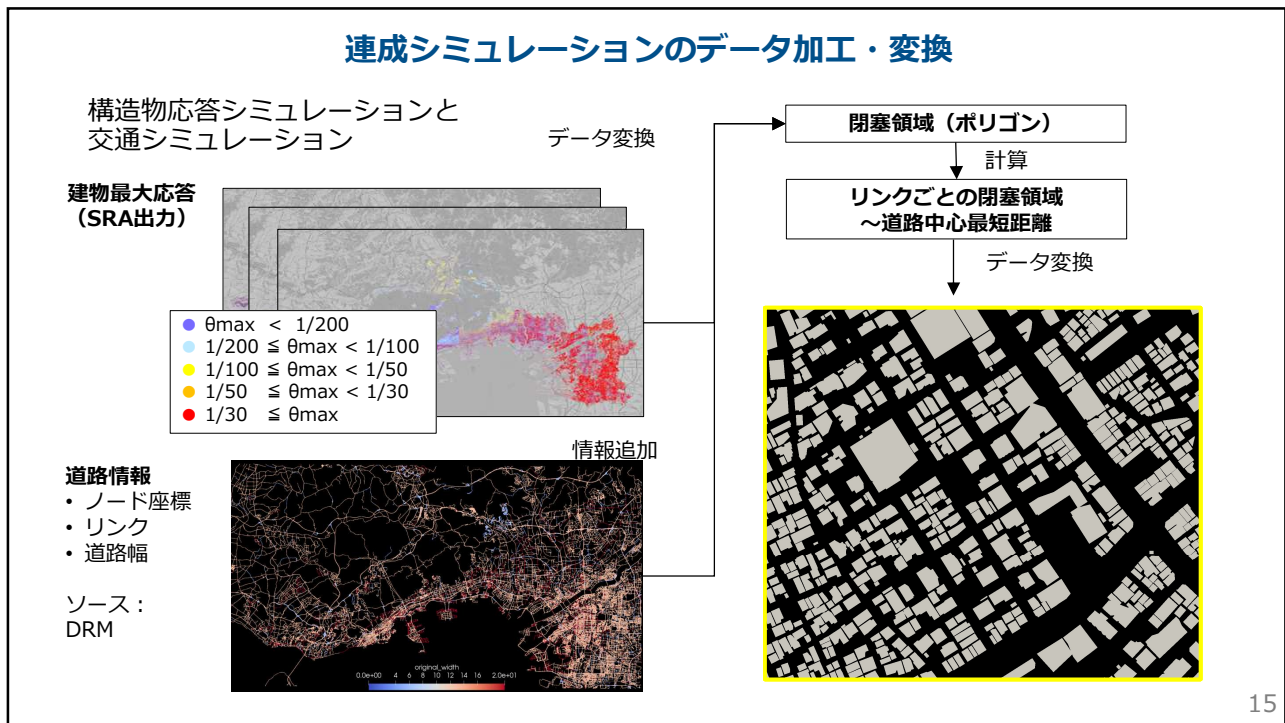
統合シミュレーション

◆ IES-交通障害シミュレーションの統合

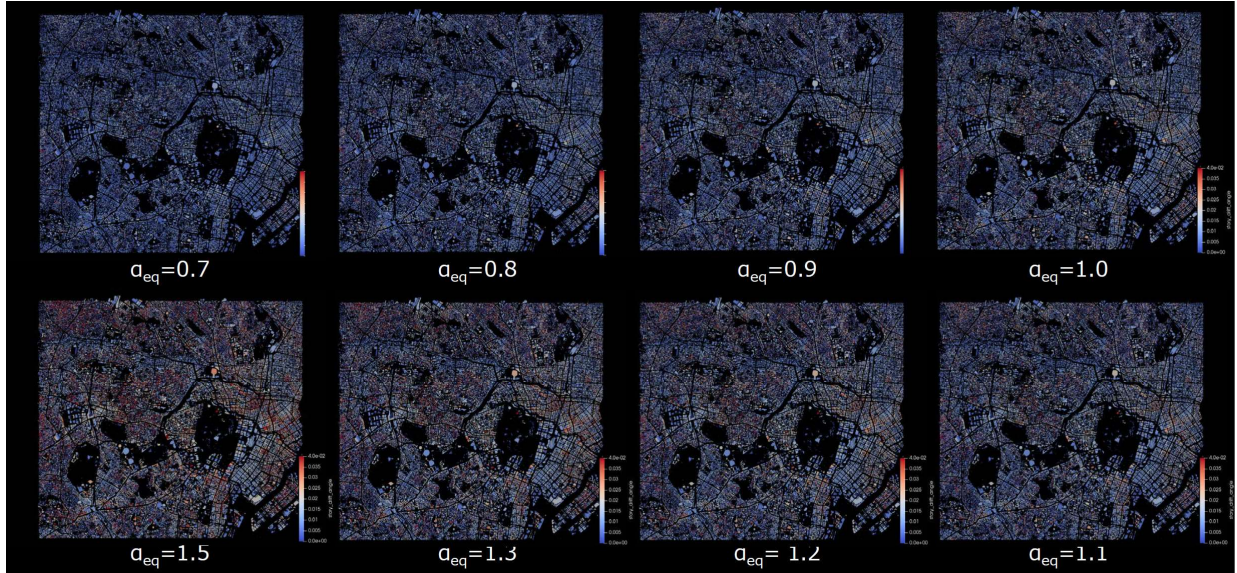


◆ IES-経済活動シミュレーションの統合





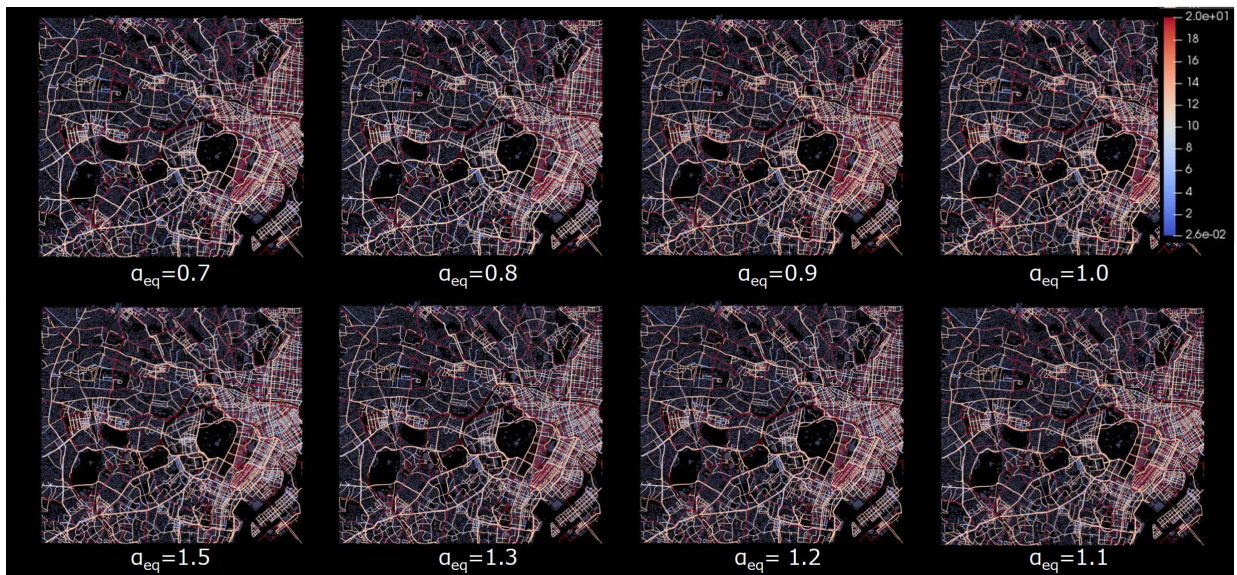
建物倒壊の計算 (例)



a_{eq} :地震動増幅のパラメータ

17

道路残存幅の計算 (例)

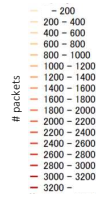


50%以下の残存率のリンクはすべて閉塞と仮定 18

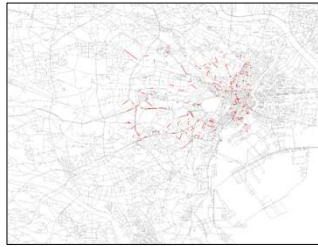
計算結果（例）：交通流



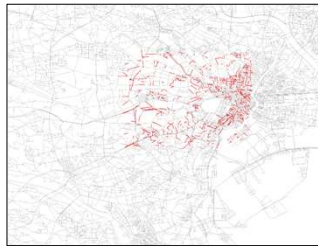
常時



Case 1



Case 2



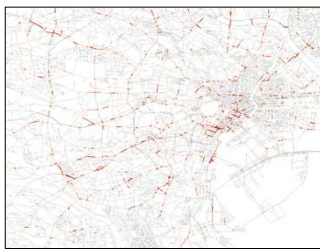
被害箇所



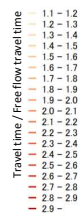
交通量

19

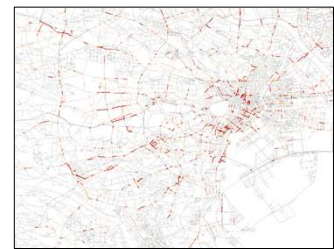
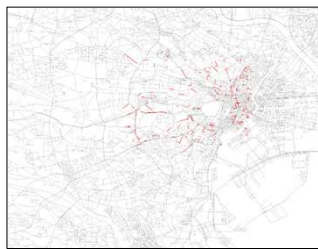
計算結果（例）：混雑の度合い



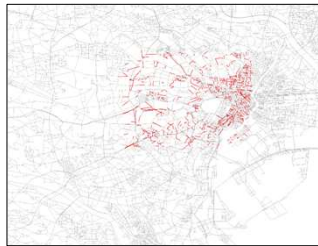
常時



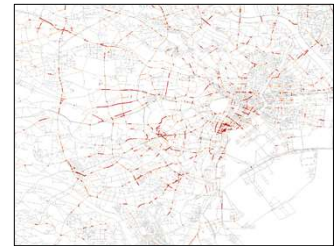
Case 1



Case 2



被害箇所



混雑度

20

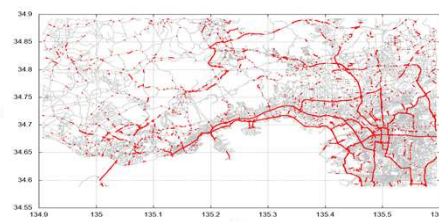
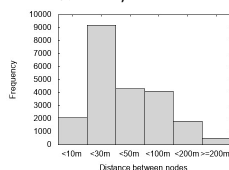
南海トラフ地震シミュレーション

- ◆地震シナリオ 内閣府（基本ケース、東ケース、陸側ケース）
大阪エリア：シミュレーション、その他：想定震度分布
- ◆地盤モデル 二層増幅モデル（工学基盤+表層）、非線形RO
- ◆構造モデル 1,266,706棟、線形MDOF
- ◆交通ネットワーク
 - 関西圏 リンク数：495,595
 - 自動車 普通車500万台、大型車250万台
（普通車10台、大型車5台1パケットとし、558,572パケット）
4時～20時
 - 交通需要 市町村想定避難所（熊本地震に準拠）

21

都市モデルの高度化

都市情報：「橋・高架」属性
リンク数：21,968



データソース

構造物関連

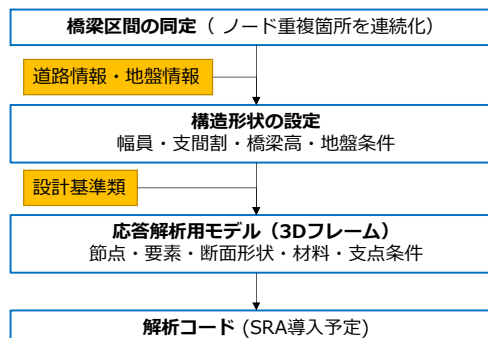
- ・住宅地図データ
- ・GISデータ
- ・設計CAD図
- ・設計基準類 etc.

道路関連

- ・座標/リンク
- ・属性
- ・規格
- ・幅 etc.

地盤関連

- ・標高
- ・柱状図、N値
- ・AVS30 etc.



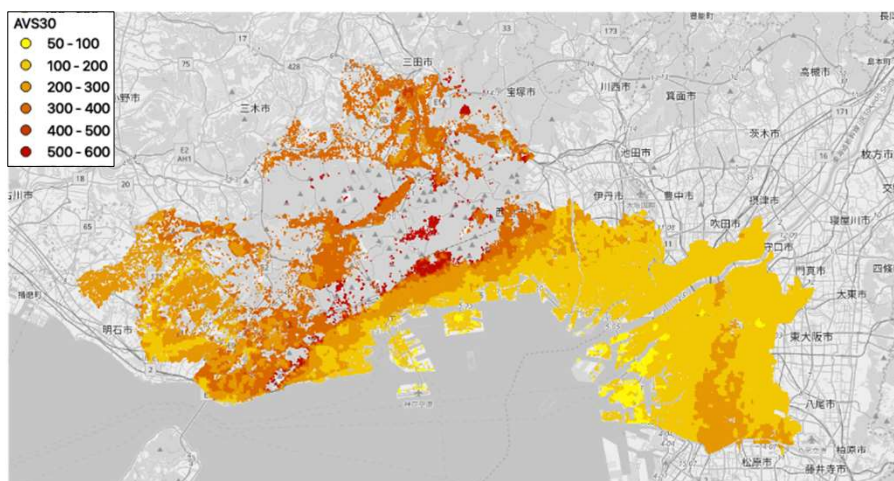
22

連成シミュレーション

SAA用地盤データ (AVS30)

地図： OpenStreetMapより
AVS30： J-SHISより

	層厚 [m]	Vs [m/s]	γ_t
表層	30	図中	10.(線形)
基盤層	50	700	10.(線形)



23

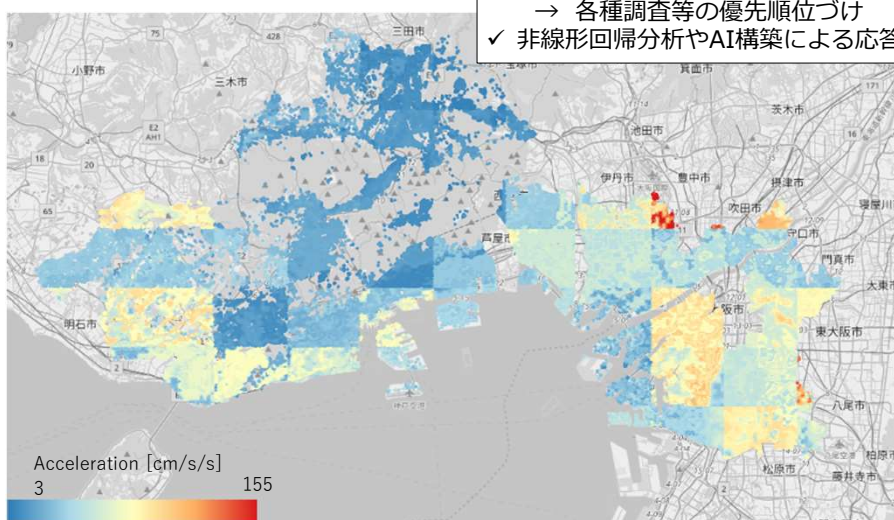
連成シミュレーション

表層硬さー地表最大加速度

AVS30 \pm 30% 変動時標準偏差

<多数シナリオ解析の活用>

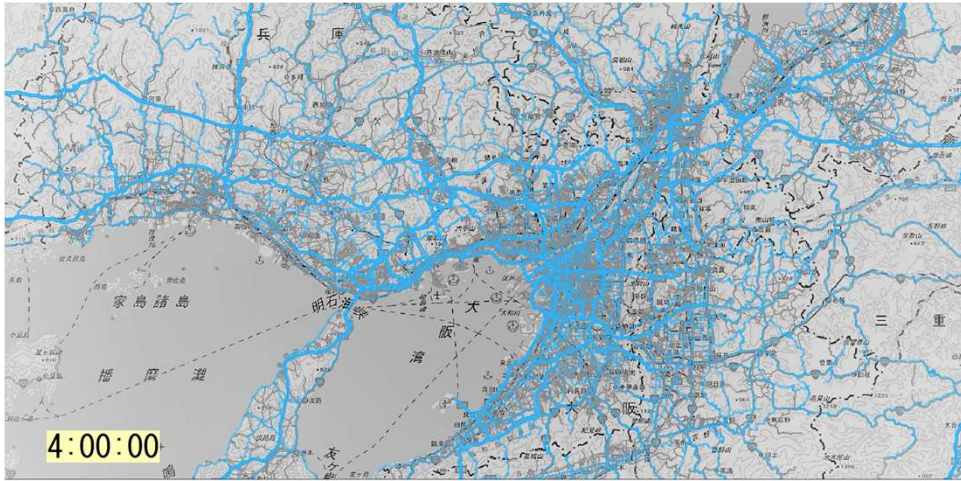
- ✓ 入力パラメタに対する感度が高い領域の把握
 - 推定結果の信頼性評価
 - 各種調査等の優先順位づけ
- ✓ 非線形回帰分析やAI構築による応答推定の効率化



24

交通シミュレーション

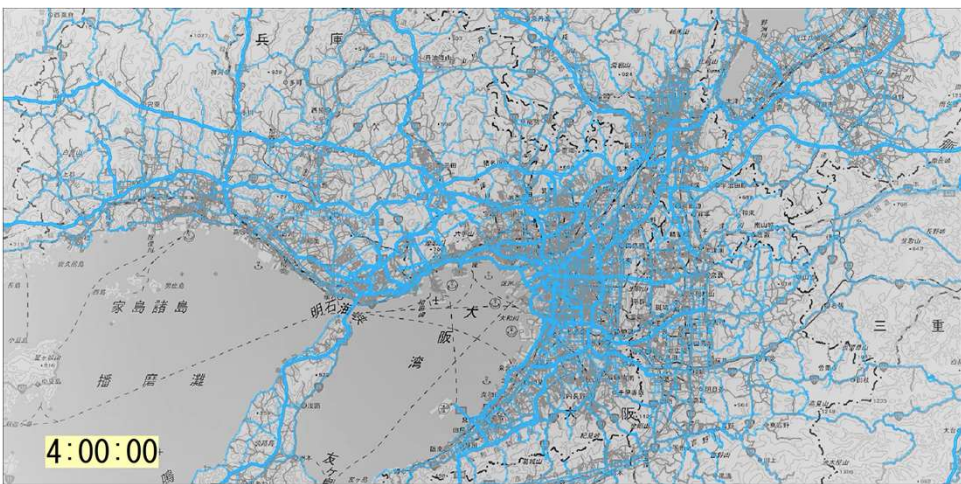
平時



25

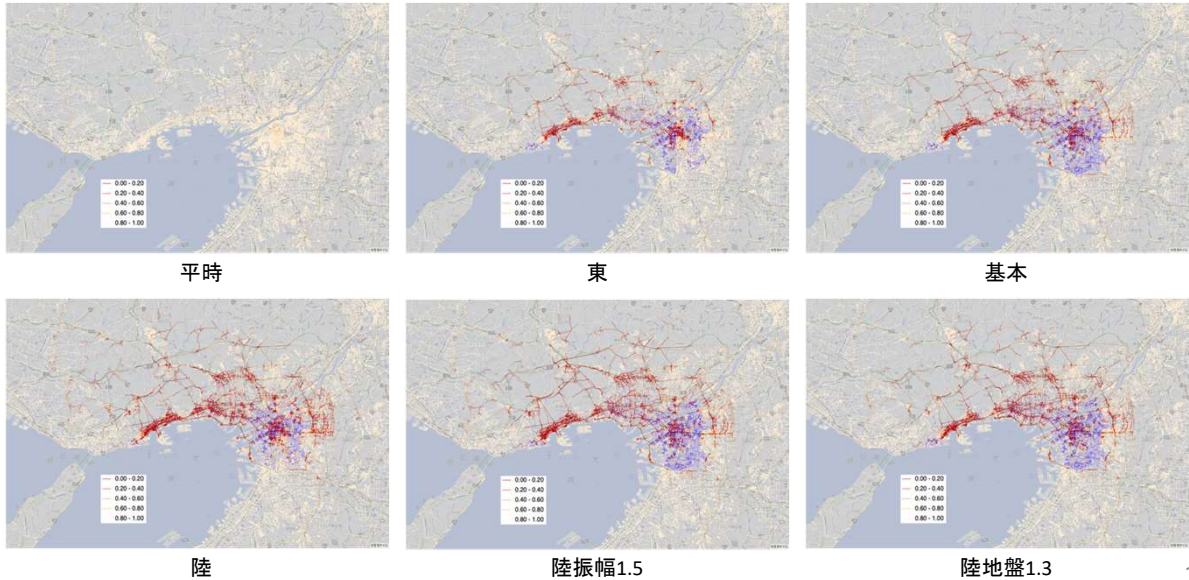
交通シミュレーション

被災後（基本ケース）



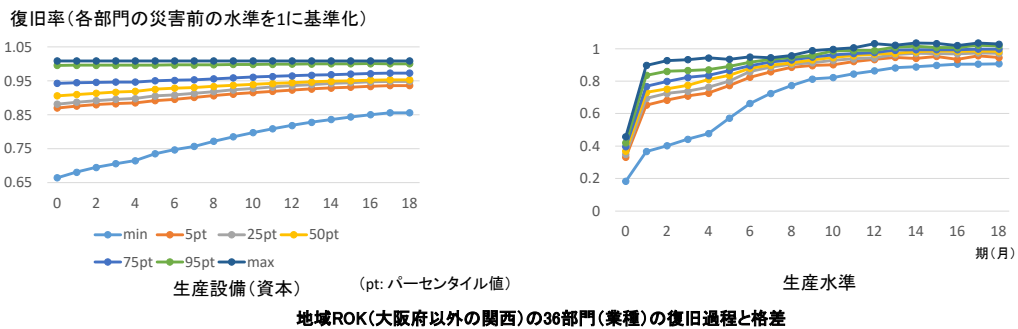
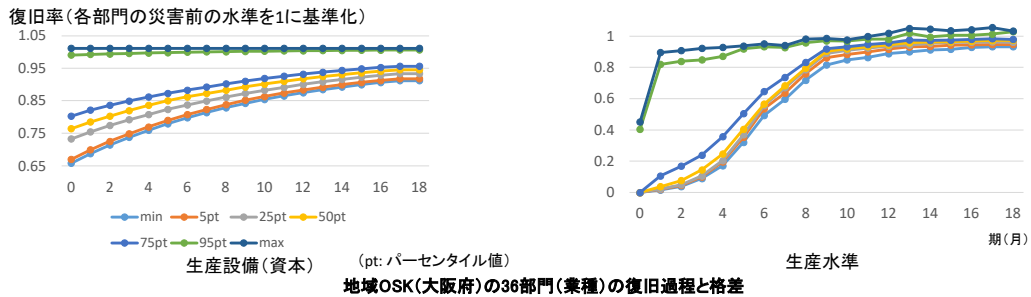
26

交通シミュレーション：地震シナリオ別



27

経済活動シミュレーション：復旧状況



28

内容

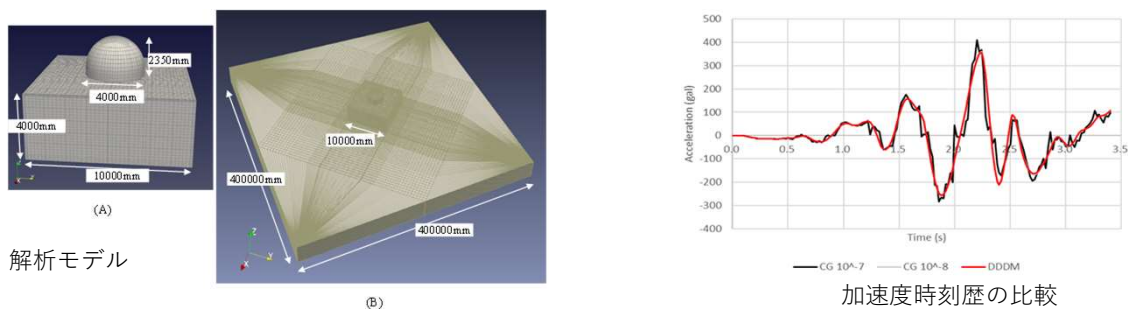
- ◆ HPCを利用した統合地震シミュレーション
 - 理学 地震波動伝播, 地殻変動
 - 工学 地震動増幅, 都市地震応答
 - 社会科学 群集避難, 都市交通, 地域経済

- ◆ 地震応答解析のための並列有限要素法
 - 要素技術 ソルバ, 構成則
 - 適用例 重要構造物, 地表地震断層

- ◆ 防災・インフラ用の都市のデジタルツインの自動構築
 - 国土交通データプラットフォームとシミュレーション
 - 構造物 RC橋梁, NATMトンネル, 地盤, 河川・港湾

29

高速ソルバ: DEFLATED DOMAIN DECOMPOSITION METHOD (DDDM)



高速化：シングルコアの計算時間を基準とした計算時間

No of processes	1	2	4	8	16
Computing time of Original CG method [s]	219108.43	157030.73	109416.04	66907.79	49649.25
Acceleration factor	-	1.40	2.00	3.27	4.41
Computing time of DDDM [s]	19773.69	13666.07	7638.48	4740.08	3984.33
Acceleration factor	-	1.45	2.59	4.17	4.96
Ratio of Computing time	11.08	11.49	14.32	14.12	12.46

30

スケーラビリティ

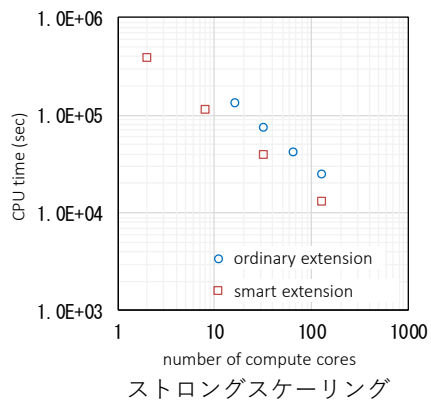
◆ スケーラビリティの算定のため計算時間

◆ 問題設定

- 解析モデル: 前出
- コア数: 2 ~ 128
- 入力地震動: 9.0 sec (900ステップ)

◆ e-FrontISTRのスケーラビリティ

- 128 cores: 3.7 h CPU time
- 128 cores or more: 12.0 h CPU time
1.5M自由度, 22.0 sec入力地震動



128コアのウィークスケーリング

	CPU time (h)	estimated CPU time for 22.08 sec (h)	Model DOF for 24 h CPU time	estimated CPU time for 100 M DOF model (day)
ordinary extension	6.9	17.0	2,051,031	—
smart extension	3.7	9.0	3,874,135	25.8

31

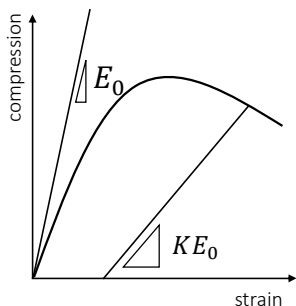
コンクリートのテンソル構成則

◆ 特徴 (前川元東京大学教授)

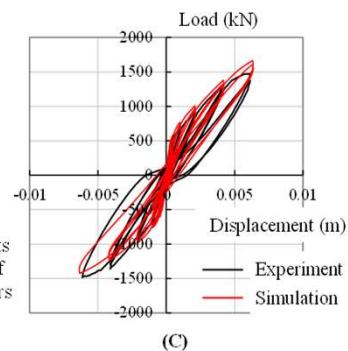
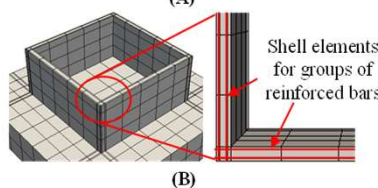
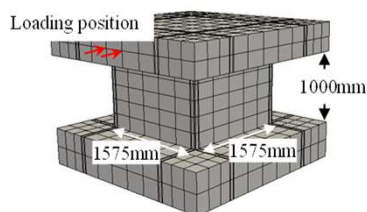
- 弾塑性 + 損傷
- 亀裂発生前: 3D
- 亀裂発生後: 1D 軸方向 + 1D せん断方向

数値計算の収束性の改善

	original	implemented
dt [s]	0.001	0.01
number of iteration	10,000	3,485



テンソル構成則に埋め込まれたコンクリートの圧縮応力-歪関係

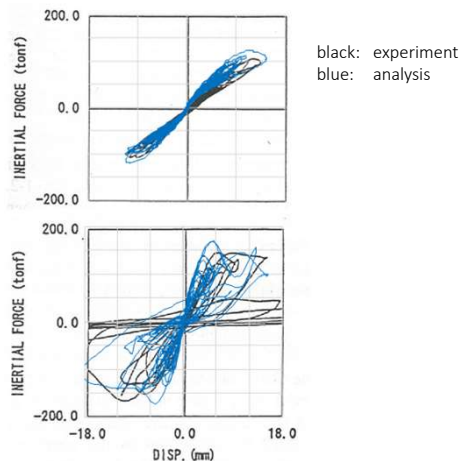


32

コンクリートのテンソル構成則の利用

◆ 変位-荷重関係の再現

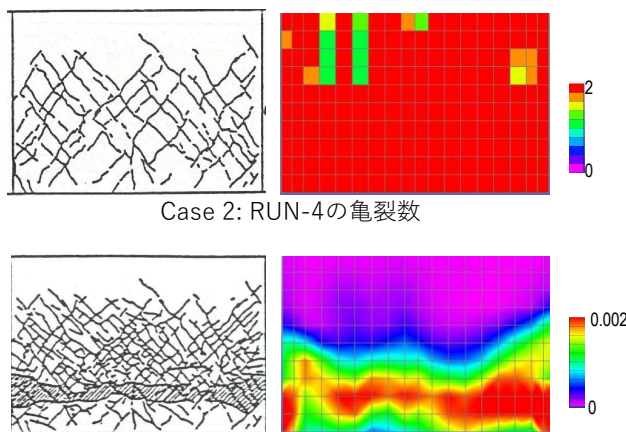
- 最大10/1,000程度の変計角に対応
- 履歴ループが良好に計算



Case 2: 変位-荷重関係

◆ 亀裂発生パターンの再現

- せん断壁の二方向対角亀裂群
- 大歪領域と損傷領域が良好に計算



Case 2: RUN-4の亀裂数

Case 2: RUN-5の主歪分布

33

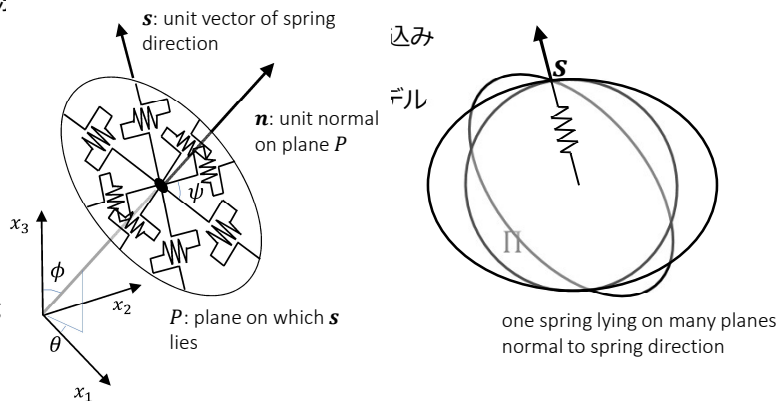
地盤のテンソル構成則

◆ テンソル構成則の構成方法

- 応力のスカラー関数の利用
→ 金属系材料
- マルチスプリングの利用:
→ 地盤

◆ 地盤工学で用いられる3D

- 1D shear experiment data
- Used in 2D setting
- Smart extension to 3D setting



従来の3Dマルチスプリングモデル

1. スプリングは平面に分布
2. 剛性の計算に三重積分

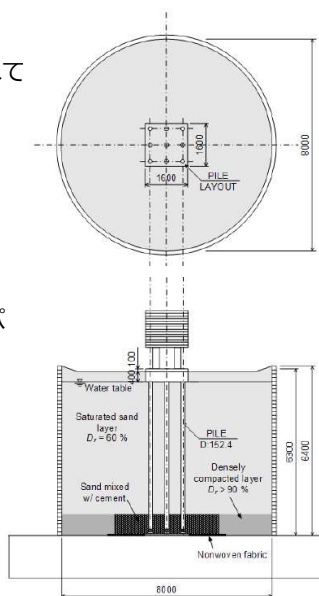
改良3Dマルチスプリングモデル

1. スプリングは一様に分布
2. 剛性の計算に二重積分

34

E-DEFENCE地盤実験：概要

- ◆ せん断地盤
 - 15 cm厚の鋼製リングを40個, 重ねて
- ◆ 砂
 - Albany silica, 60%と90%の相対密度
 - パイル底面にはセメント混合砂
- ◆ パイル
 - 直径152.4 mm, 厚さ 2 mmの鋼製パ
- ◆ 上部構造
 - 鋼製プレート
- ◆ 基礎
 - 鋼製プレート



strain gauge	382
accelerometer	237
velocity meter	4
displacement meter	42
pressure meter	96
pore water pressure gauge	124
load cell	26

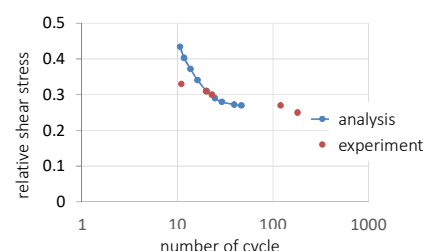
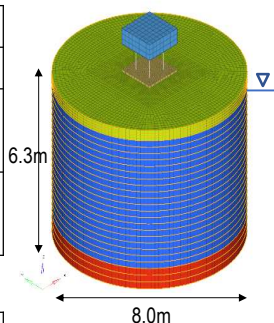
designed max. acc. (gal)			
Tottori	30	80	300
JR Takatori	30I	80	300

35

E-DEFENCE地盤実験：解析モデル

要素

sand	solid (multi-spring)
pile	beam (bi-linear)
column	beam (linear)
sand box	
footing	solid (linear)
superstructure	



液状化強度の再現 (拘束圧: 20 kPa)

解析モデルの諸元

node number	element number
140,000	240,000

時間積分と非線形解析のアルゴリズム

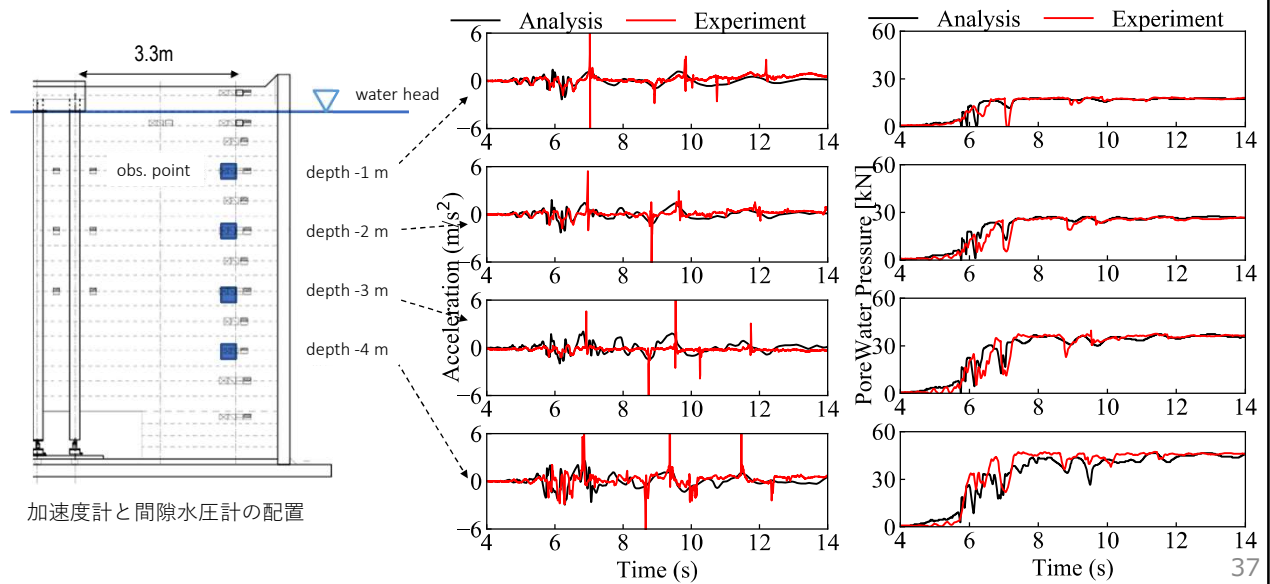
time integration	Wilson θ ($\theta = 1.4$)
non-linear	Newton-Raphson

材料特性

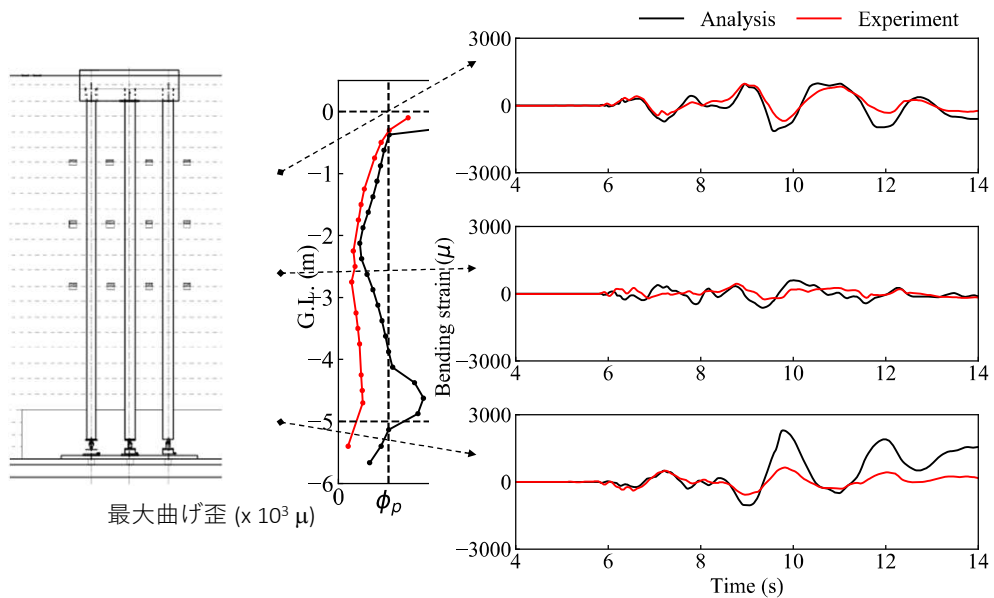
layer	density (t/m ³)	S-wave (m/s)	void ratio	Poisson ratio	friction angle (deg.)	damping
Dr60 (dry)	1.70	80	0.351	0.33	38.7	0.240
Dr60 (wet)	2.01	160	0.383	0.33	38.7	0.240
Dr90	2.06	200	0.390	0.33	38.7	0.240

36

E-DEFENCE地盤実験：加速度と間隙水圧の再現

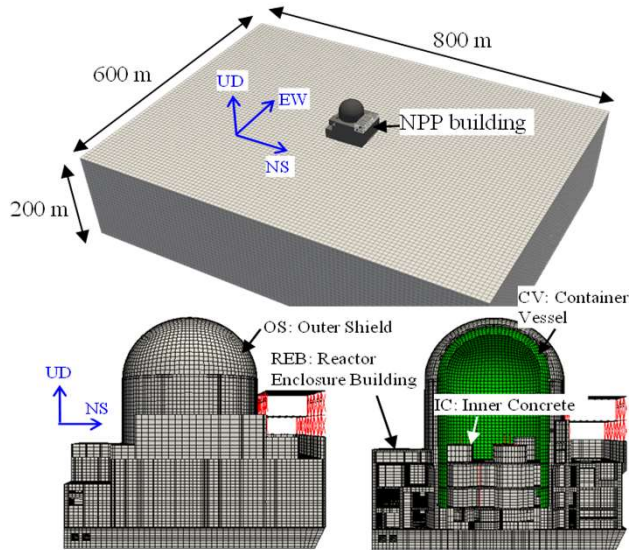


E-DEFENCE地盤実験：パイルの曲げ歪の再現



原子力発電所建屋：概要

概要



解析モデルの諸元

Node	Element	DOF
405,326	444,060	1,472,529

材料特性

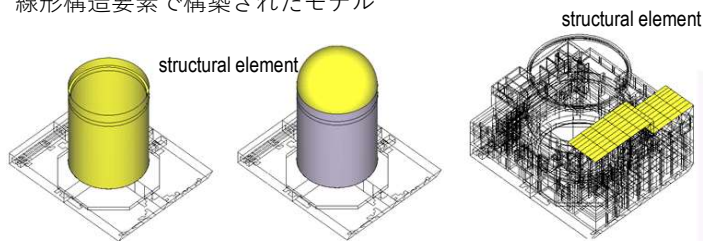
	E (N/mm ²)	ν
reinforcing steel	2.050×10^5	-
Soil (rock)	5.381×10^4	0.34

	E (N/mm ²)	ν	σ_c (N/mm ²)	σ_t (N/mm ²)
Concrete	2.613×10^4	0.20	36.77	3.677

39

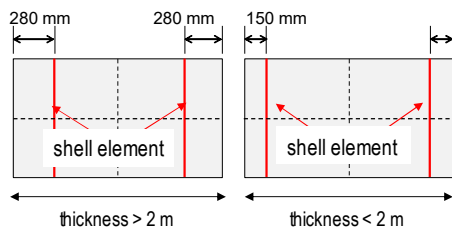
原子力発電所建屋：ハイブリッド解析モデル

線形構造要素で構築されたモデル

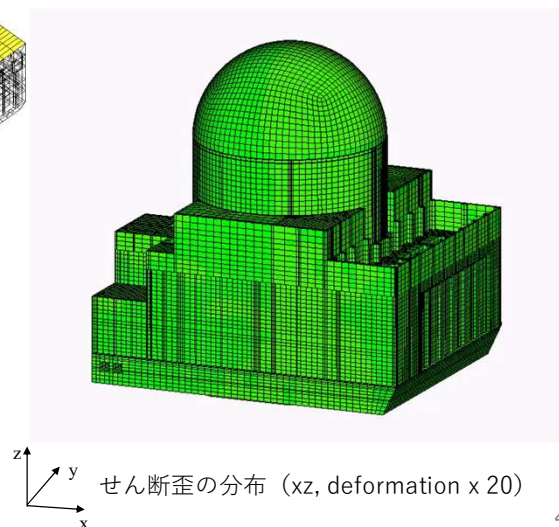


RCせん断壁の鉄筋のモデル

RC shear wall



-0.002 0.002

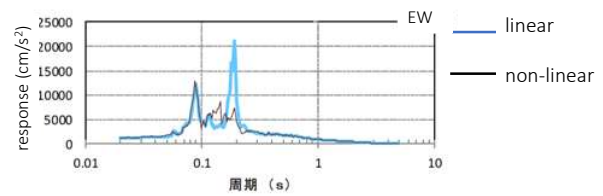
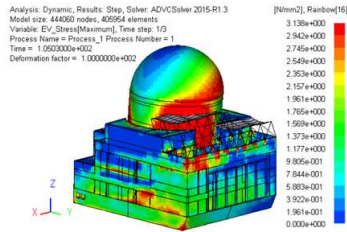


40

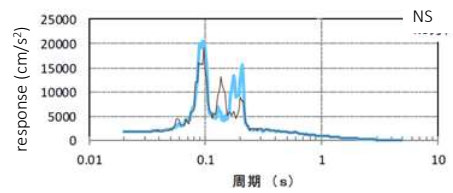
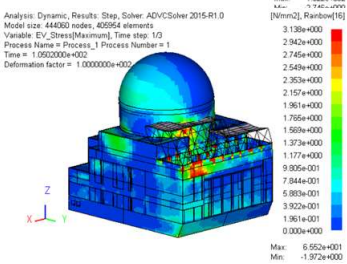
原子力発電所建屋：線形解析と非線形解析の比較

- ◆ 線形解析は断面力・モーメントを過大評価する傾向
- ◆ 非線形解析では塑性化が引き起こす応答の低減を計算

線形

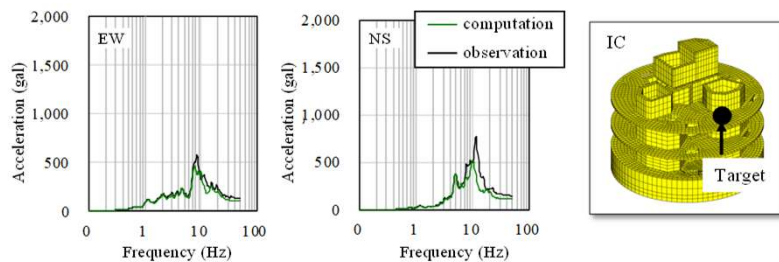


非線形

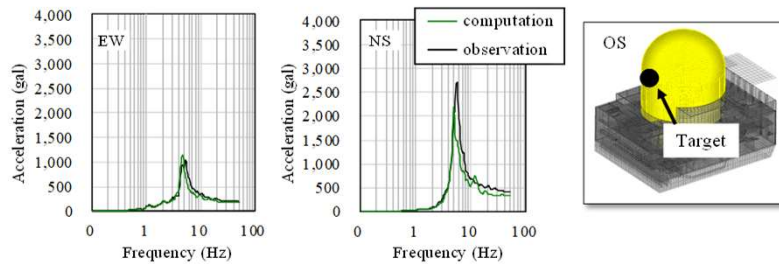


外周コンクリート加速度頂上

原子力発電所建屋：観測データと解析結果の比較



(A) Comparison at the target of Inner Concrete



(B) Comparison at the target of Outer Shield

原子力発電所建屋：浮き上がり

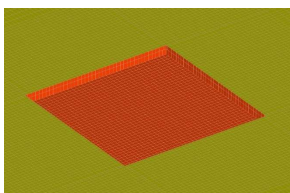
◆ 接地率

- 浮き上がりを考慮した場合の耐震性の指標
- 従来の2次元解析では接地率の正確な評価が難
→ このため、浮き上がりを防止するため、地盤を深く掘削し、建屋を設置

◆ 大規模・高速解析が可能なe-FrontISTRの利用

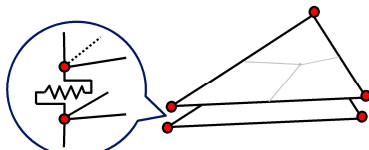
- 浮き上がりの3次元解析が始めて可能

建屋が設置される、掘削された地盤



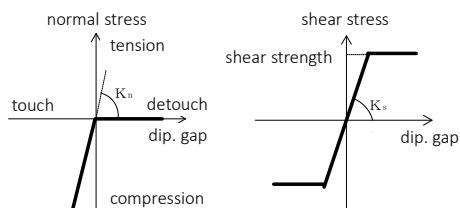
地盤モデル

分布力の計算



開発されたジョイント要素

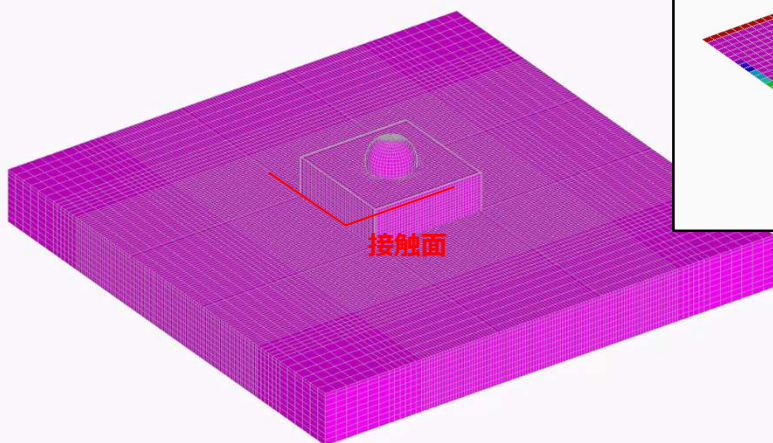
高周波数の応答成分の除去



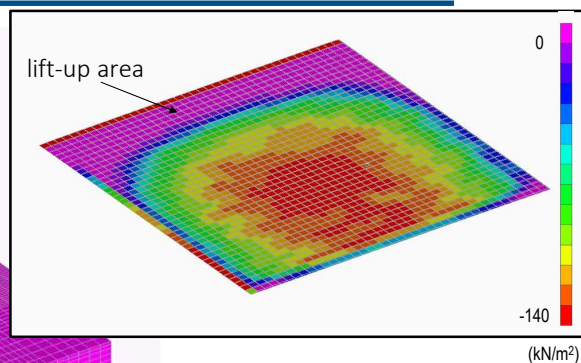
ジョイント要素に用いられた変位-力関係

43

原子力発電所建屋：浮き上がり解析の結果



鉛直方向変位分布 (6 m掘削)



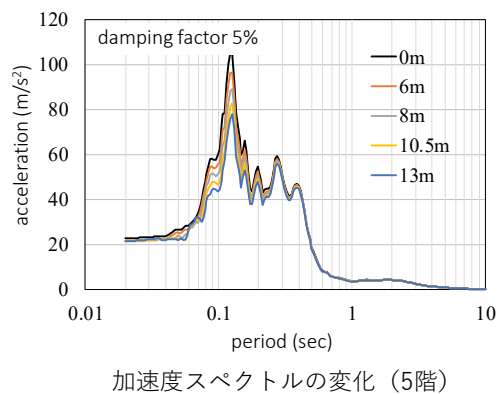
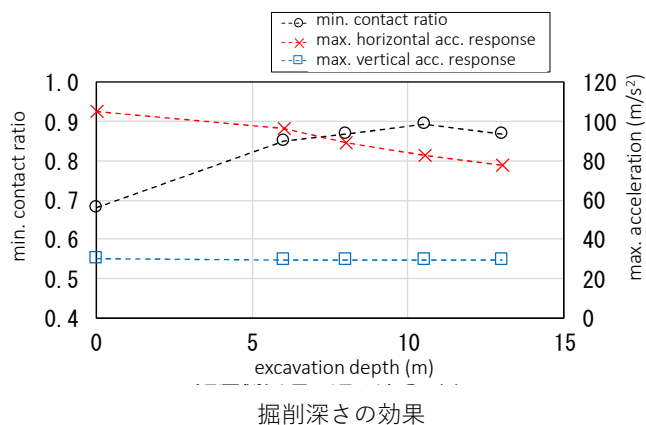
接地した部分での鉛直方向応力分布 (10.35 sec, 最小接地率時)

44

原子力発電所建屋：浮き上がり解析の結果

◆ 掘削を深くする効果の評価

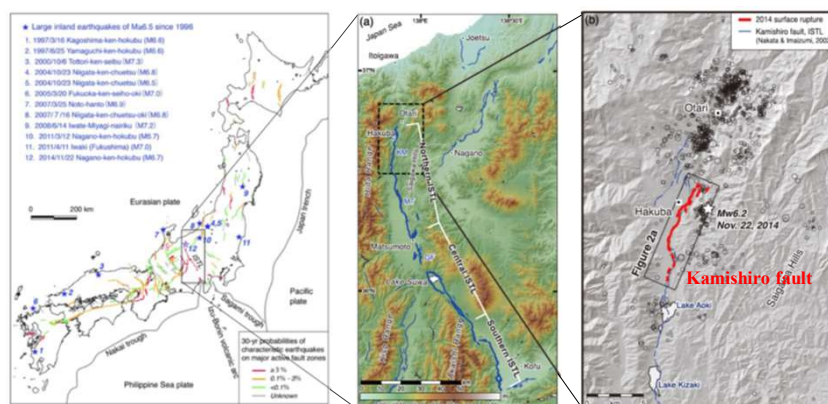
- 掘削深さの増加は、接地率の増加（6 m以上の掘削深さであれば、接地率は80%以上）
- 掘削深さの増加は、水平方向加速度を低下
- 掘削深さの増加は、鉛直方向加速度を低下させない



45

2014年長野県北部地震：概要

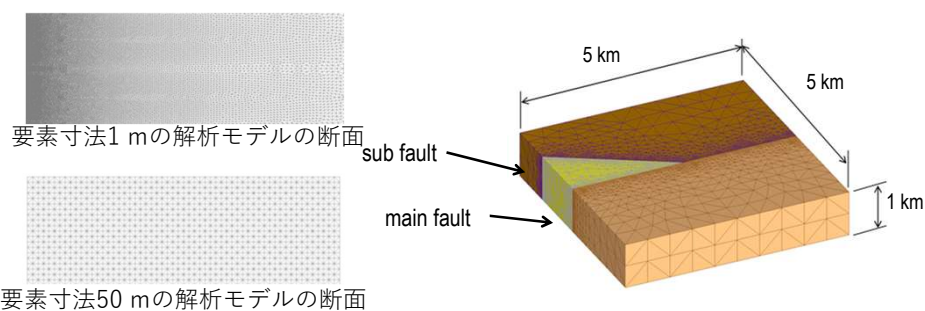
- ◆ Mw = 6.3
- ◆ 神代断層の北半分が滑り
- ◆ 逆断層（東部が上盤）



Ishimura, D., Okada, S., Niwa, Y. and Toda, S.: The surface rupture of the 22 November 2014 Nagano-ken-hokubu earthquake (Mw 6.2), along the Kamishiro fault, Japan, Active Fault Research, 43, 95–108, 2015.

46

2014年長野県北部地震：解析モデル

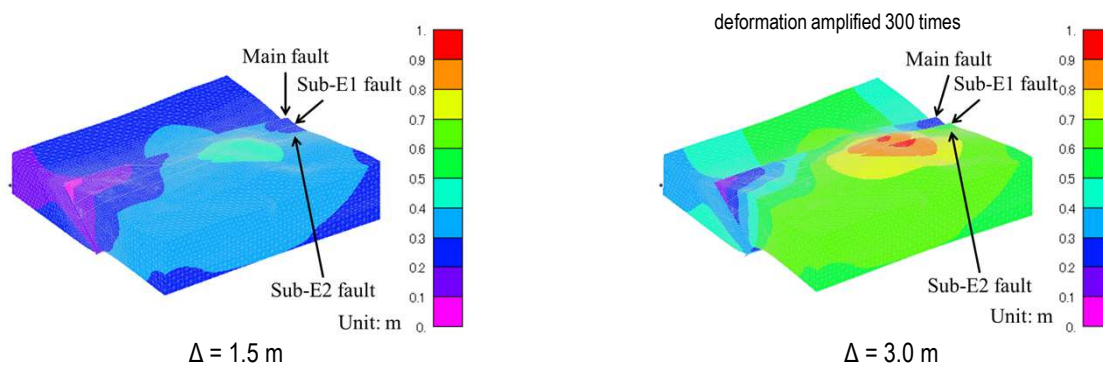


		50m-mesh	25m-mesh	10m-mesh	5m-mesh	1m-mesh
mesh size (volume)	min (m ³)	50	25	10	5	1
	max (m ³)	solid element: 500, joint element: 50				
number of elements (joint element)		11,474 (6,320)	206,911 (13,100)	583,172 (38,400)	1,150,320 (88,220)	1,784,403 (167,194)
number of nodes		164,622	294,206	817,953	1,609,518	2,515,755

47

2014年長野県北部地震：地表面の変形

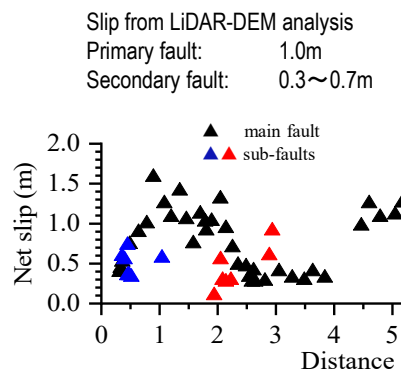
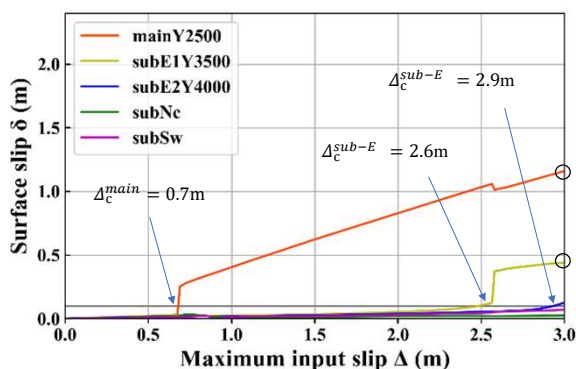
- ◆ 入力滑りが大きい場合、解析モデルの中央部に大きな変形が発生
- ◆ 主断層と副断層（Sub-E1, Sub-E2）に断層滑りが発生



48

2014年長野県北部地震：観測との比較

- ◆ 入力滑りが限界滑り (Δ_c) を超えると、断層滑りが発生し急増
- ◆ 入力滑りが2.7 mを超えた時点で、地表の断層滑り量分布は、LiDAR-DEM 解析の結果と同様
- ◆ Sub-E1とSub-E2の副断層は、主断層のバックスラストと解釈



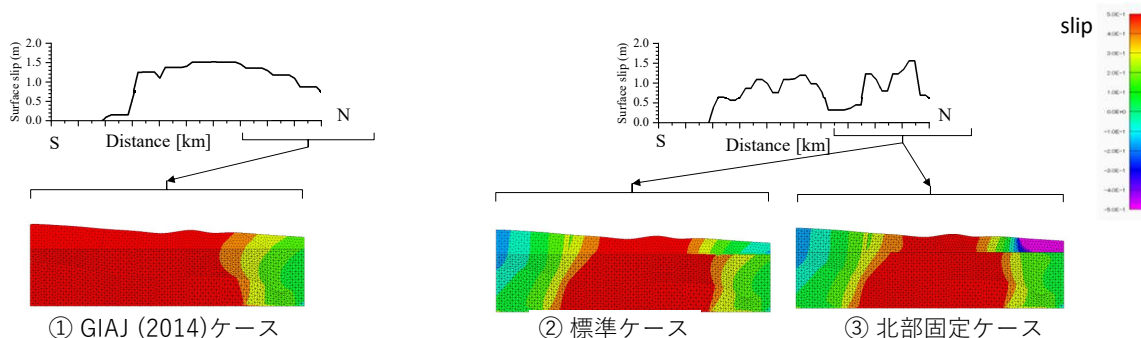
49

2014年長野県北部地震：入力滑り分布の不確定性

◆ 主断層の滑り分布

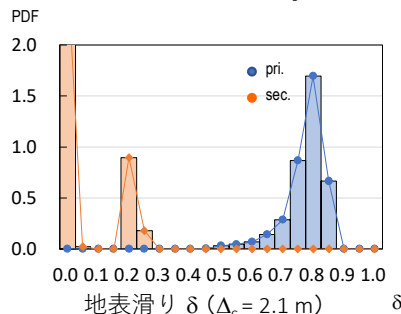
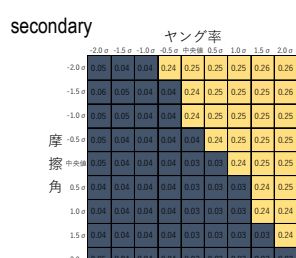
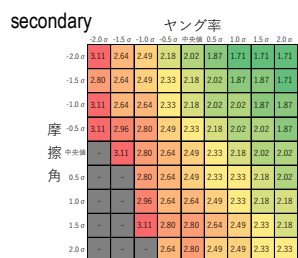
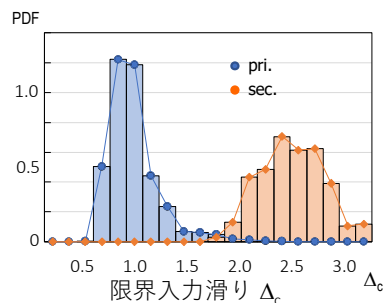
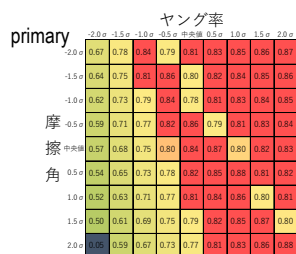
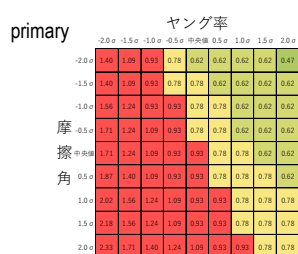
- ① GIAJ (2014) ケース：震源インバージョンに基づいて計算された滑り分布
- ② 標準ケース：観測滑り分布を基にした、滑り
- ③ 北部滑り固定：標準ケースに対し、北部の滑り

fault movement	①	②	③
secondary fault E	-	✓	✓
secondary fault N	-	-	✓
secondary fault S	✓	-	-



50

2014年長野県北部地震：材料特性の不確定性

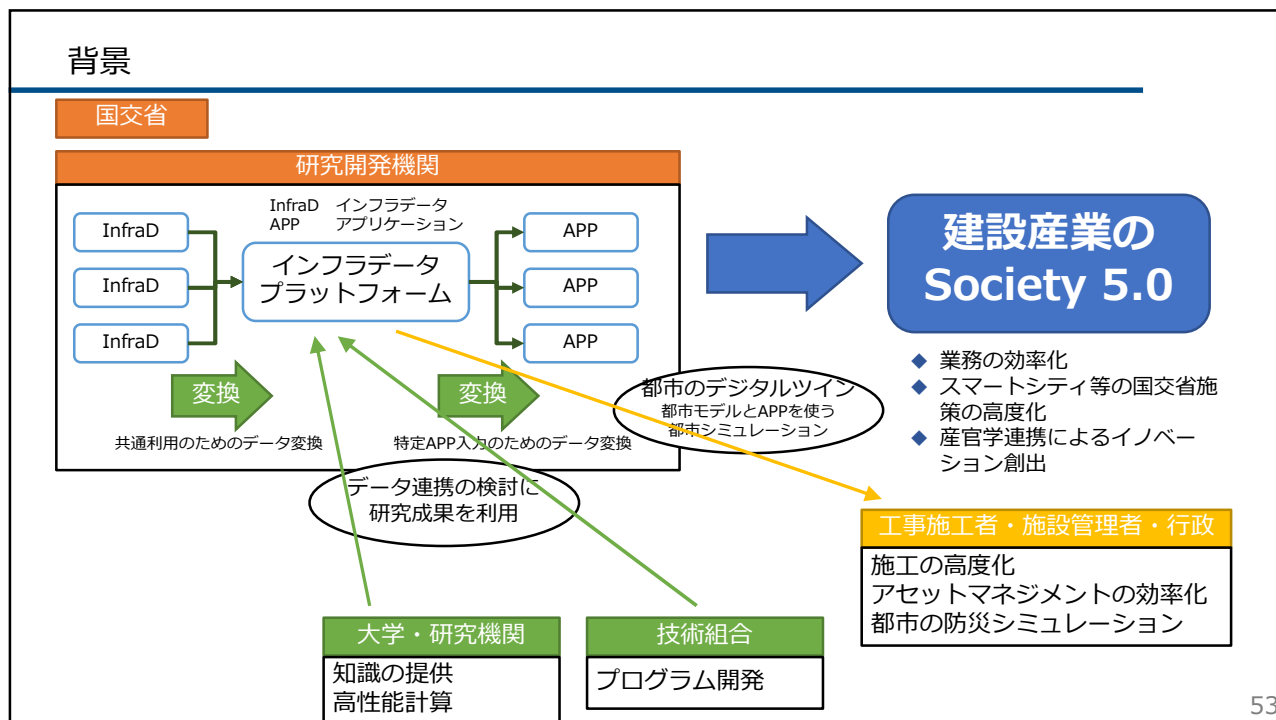


限界入力滑り Δ_c

地表滑り δ at $\Delta_c = 2.1$ m

内容

- ◆ HPCを利用した統合地震シミュレーション
 - 理学 地震波動伝播, 地殻変動
 - 工学 地震動増幅, 都市地震応答
 - 社会科学 群集避難, 都市交通, 地域経済
- ◆ 地震応答解析のための並列有限要素法
 - 要素技術 ソルバ, 構成則
 - 適用例 重要構造物, 地表地震断層
- ◆ 防災・インフラ用の都市のデジタルツインの自動構築
 - 国土交通データプラットフォームとシミュレーション
 - 構造物 RC橋梁, NATMトンネル, 地盤, 河川・港湾

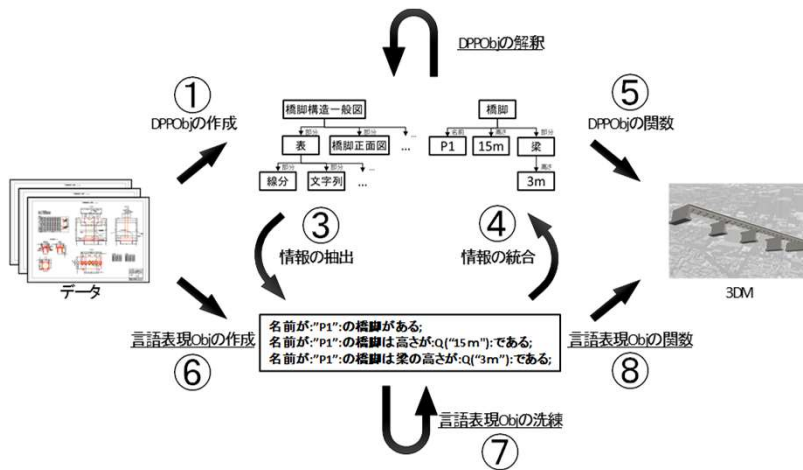


防災・インフラ用の都市のデジタルツインの自動構築

- ◆ 先端解析プログラムを適用する高詳細解析モデル
 - BIM (Building Information Modeling) を使う建設産業用統合システムの開発
 - GISを使う都市の3次元可視化の「次」
- ◆ 蓄積が進む都市のデジタル情報を利用した、都市のデジタルツインの自動構築
 - 理化学研究所計算科学研究センター総合防災・減災研究チーム
 - 都市丸ごとのシミュレーション技術研究組合（国交省認可）
 - 東京大学工学系研究科i-Constructionシステム学寄付講座
- ◆ DPP (Data Processing Platform) の開発
 - 各種データを読み込・加工・集約統合し、3次元モデル等に変換する統合プログラム
 - NATMトンネル、RC橋梁、地盤、河川、港湾、埋設管

RC橋梁

- ◆ 互換性が完全ではないインフラデータ
- ◆ 互換性の代替として、インフラデータを多様な形式のデータに自動変換
- ◆ 自動変換の二つのプログラム
 - DPP (Data Processing Platform) 汎用ライブラリ：インフラデータの自動入力・変換・出力のためのツール群
システム研究者がC++を使って研究開発
 - DPPスクリプト
特化プログラム：個々のインフラデータの特定の目的の自動変換を実行
建設技術者がDPPを使って作成



DPPの特徴

- 互換性が完全ではないファイルは、正しく認識できるデータは断片的
- 断片的なデータに対し、情報抽出・洗練・統合・解釈を繰り返し、より網羅的なデータに漸近

55

RC橋梁：3次元可視化モデル自動構築の適用範囲拡張

- ◆ 高度化：判読が困難な表
 - 「セル配置」に基づく判読法
 - 「文字列の内容と配置」に基づく判読法
 - 二つの表の判読法を併用
- ◆ 橋梁モデル化成功件数
 - 上部構造線図があることを想定
 - チューンアップをしたスラブ桁橋26橋に対して25橋成功 (96%)
 - 全種類の84橋に対して31橋成功 (39%)

ID	C11	C12	C13	C14	S4	GE4	A2	CROSS	LINE
25 2767	27 3454	29 4142	31 4829	33 5517	35 6204	35 6904	36 1704	X	L1
7 3979	7 3983	7 3988	7 3992	7 3997	7 4001	7 4002	7 4003	Y	L1
6 7847	6 7817	6 7657	6 7465	6 7244	6 6991	6 6945	6 6919	Z	L2
25 2134	27 2822	29 3509	31 4197	33 4884	35 5572	35 6072	36 1072	X	L2
6 9979	6 9983	6 9988	6 9992	6 9997	7 0001	7 0002	7 0002	Y	L2
6 6961	6 6922	6 6662	6 6472	6 6251	6 5999	6 5954	6 5927	Z	L2
25 2923	27 2711	29 3398	31 4086	33 4773	35 5461	35 6061	36 0961	X	G1
6 9279	6 9283	6 9288	6 9292	6 9297	6 9301	6 9302	6 9302	Y	G1
6 6944	6 6815	6 6656	6 6466	6 6245	6 5994	6 5948	6 5922	Z	L2
24 7389	26 8077	28 8764	30 9452	33 0139	35 0827	35 4327	35 6327	X	L2

「セル配置」に基づく判読法が不得手な表(右側に項目欄)

スラブ桁橋の26橋梁データ	
3次元モデル自動生成	橋梁数
成功	25
失敗	1

注) 3次元モデルはLOD200相当の詳細度

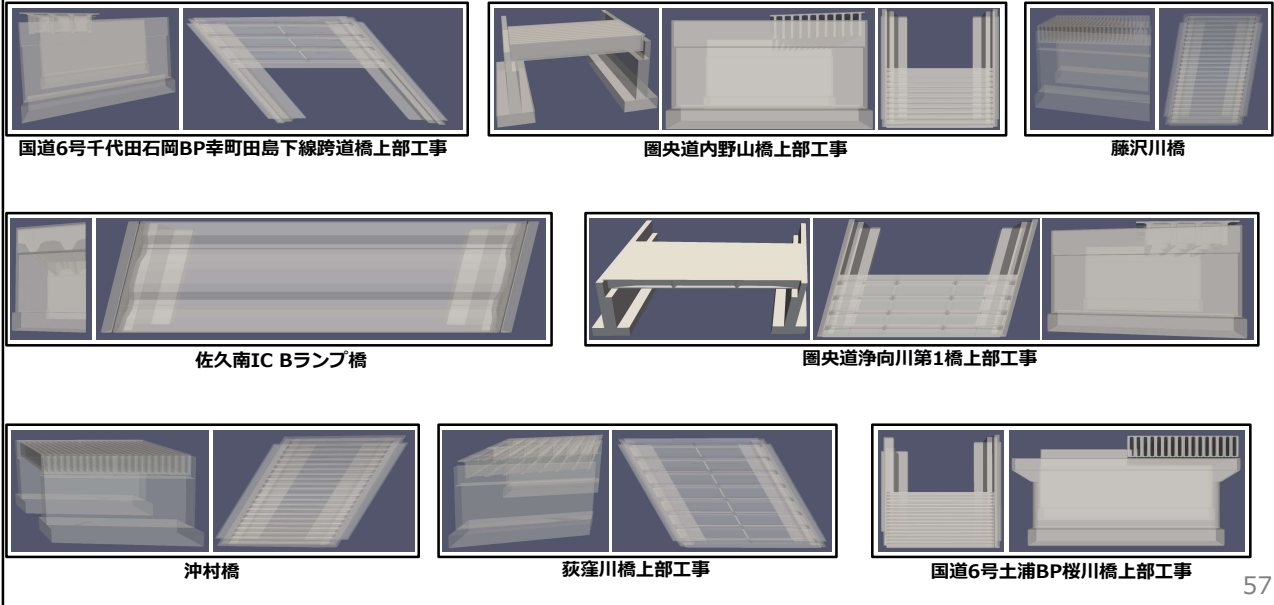
117橋梁データ(スラブ橋含む)		
上部構造線形図	3次元モデル自動生成	橋梁数
有	成功	51
	失敗	49
無	生成不可能	17

平均処理時間 (1工事, 数10枚のデータ)

- ◆ 改良前 26分/工事
- ◆ 改良後 2分/工事

56

RC橋梁：3次元可視化モデル自動構築

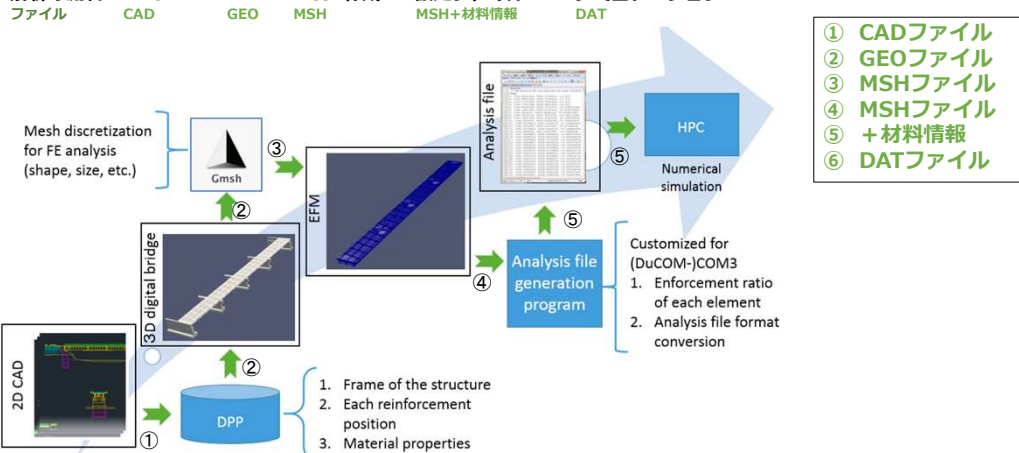


57

RC橋梁：3次元可視化モデルからFEMモデルへの展開

- ◆ 目標：3次元モデルからFEM + 劣化解析の入力ファイルへの自動変換
 - 材料物性・境界条件の設定等の自動化による作業量の低減（時間短縮）
 - 形状に関する必要情報の明確化による高品位メッシュの自動作成（品質向上）

解析の流れ 2DCAD ⇒ DPP ⇒ Mesh作成 ⇒ 設定ファイル ⇒ シミュレーション

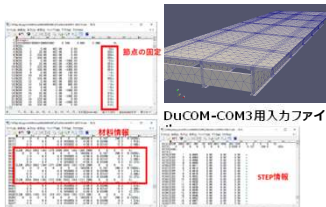


58

RC橋梁：FEMモデル自動構築

従来

解析ノウハウを持つ専門家が
入力ファイルを**手作業**で作成



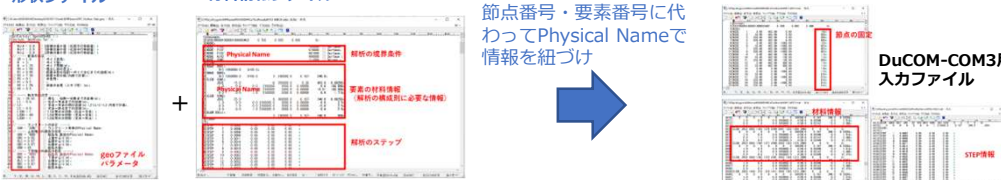
- ① 内部の鉄筋情報も考慮したFEMモデルの生成アルゴリズム
⇒ 変更なし
- ② 複雑な形状を図面からそのまま構築し、**4面体**でメッシュを生成
- ③ 「**形状ファイル**」と「**材料情報ファイル**」が**密結合**
⇒ **手作業**で入力ファイルを修正
- ④ **境界条件・過重情報** (図面に非存在) を**手作業**で作成

将来 (現在)

2つのファイル内に解析ノウハウを保持し、条件に合った**入力ファイルを自動生成**

形状ファイル + **材料情報ファイル**

節点番号・要素番号に代わって**Physical Name**で情報を紐づけ

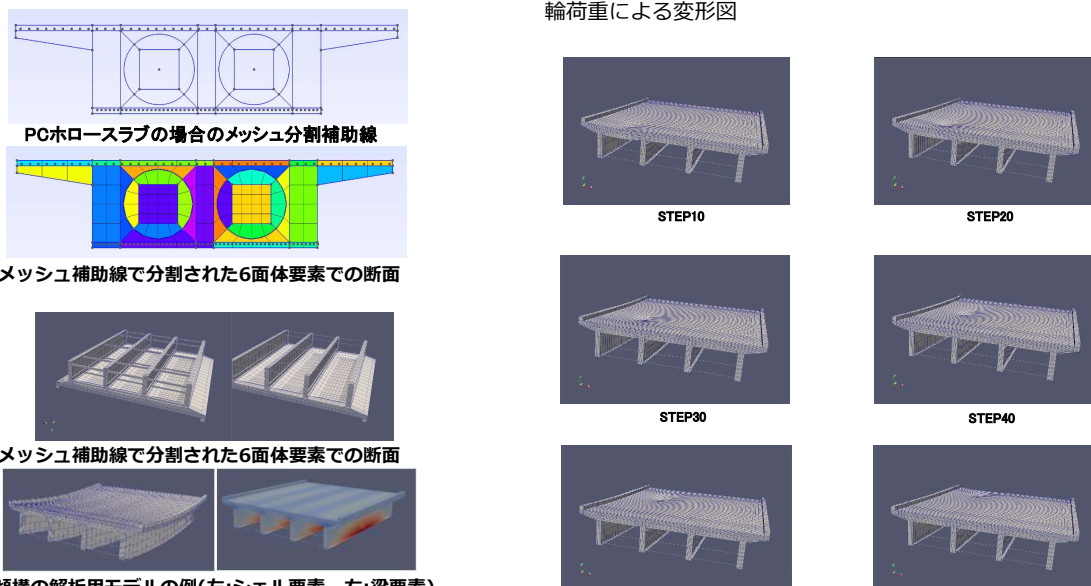


専門家の解析ノウハウを取り込んだ自動化

- ① パラメトリックモデルを再検討、境界条件・载荷方法の検討
 - 必要最低限のパラメータに限定した**メッシュの簡素化(6面体メッシュの利用)**
 - **固定条件**(境界条件)や**载荷方法**(荷重データ)等の専門家の知見の取り込み
- ② 「**形状ファイル**」と「**材料情報ファイル**」を**疎結合化**
- ③ 「**形状ファイル**」と「**材料情報ファイル**」を**自動統合**して、**境界条件・荷重情報**を簡易に設定

RC橋梁：自動構築されたFEMモデルを使った輪荷重解析

輪荷重による変形図



PCホロースラブの場合のメッシュ分割補助線

メッシュ補助線で分割された6面体要素での断面

メッシュ補助線で分割された6面体要素での断面

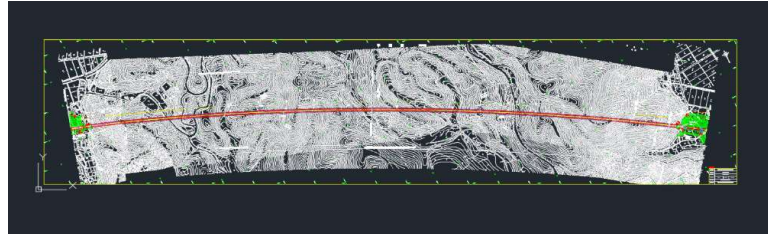
対傾構の解析用モデルの例(左:シェル要素, 右:梁要素)

STEP10 STEP20

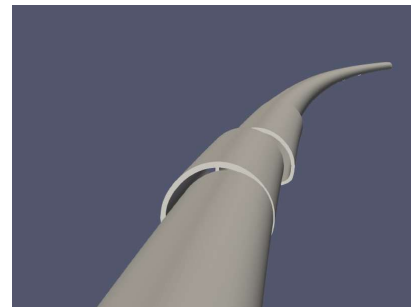
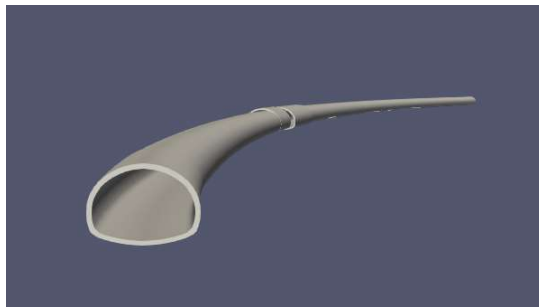
STEP30 STEP40

STEP50 STEP60

NATMトンネル



3次元モデル



61

NATMトンネル：曲線形状のスプライン補間を利用した3次元モデル

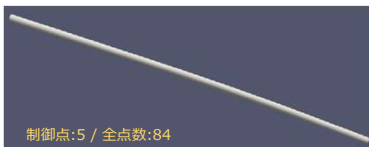
02_三隅・益田道路古市場トンネル工事



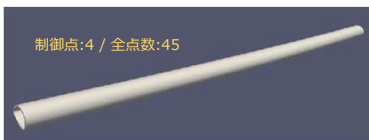
01_三隅・益田道路新木部トンネル工事



06_鳥取西道路気高第2トンネル工事

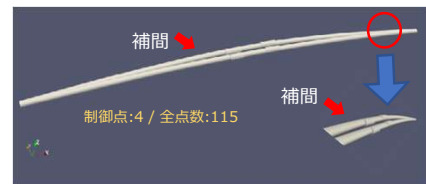


09_鳥取西道路気高鹿野トンネル工事



不適切な制御点を選択された精度の悪い補間の例

04_鳥取西道路気高第1トンネル東工事



05_鳥取西道路気高第1トンネル西工事

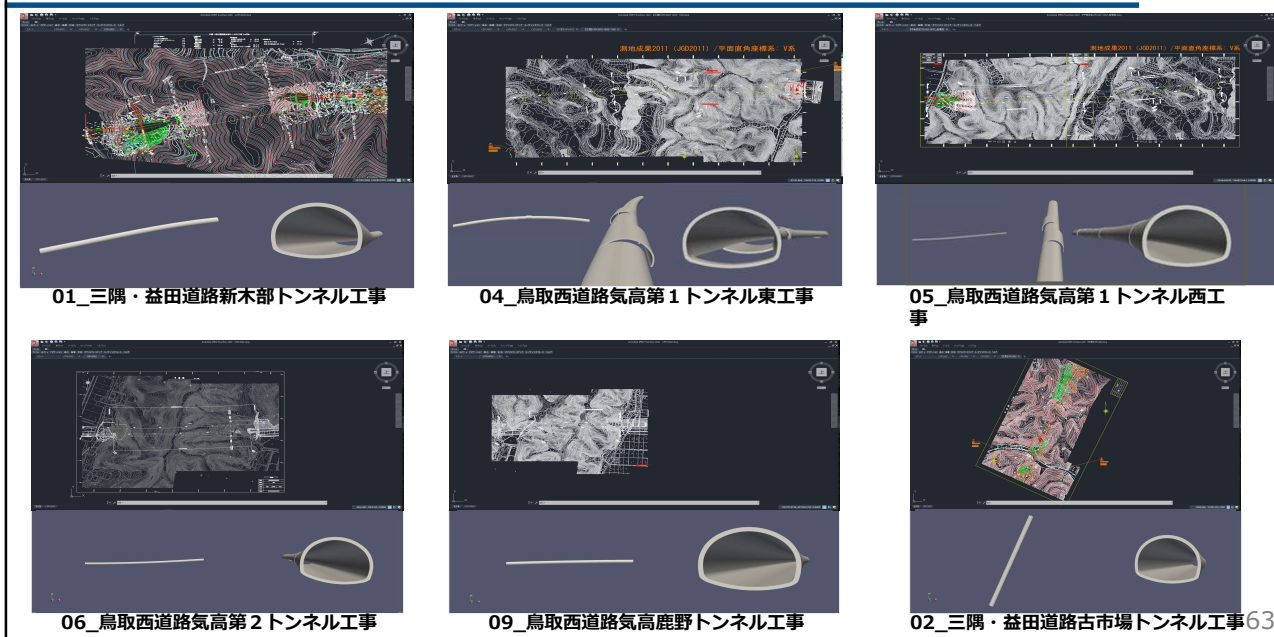


07_鳥取西道路気高青谷トンネル第1工事



62

NATMトンネル：3次元モデル自動構築



NATMトンネル：レポートファイルとリクエストファイル

CADデータ取得

線形 IP 測点レポート

日付: 2022/10/03 17:54:19

線形名: 線形 - (1)

説明:

測点範囲: 開始: 165+89.00、終了: 187+20.97

クライアント: 作成者:

IP 測点	北座標	東座標	距離	方向
165+89.00	242.4144m	185.8544m	62.364m	81-42' 07"
166+51.36	251.4149m	247.5656m	1,028.143m	84-05' 02"
176+79.49	357.3895m	1,270.2324m	1,007.312m	S83-39' 59"
186+79.44	246.2657m	2,271.3964m	41.533m	S82-40' 30"

リクエストファイル

Common1::MTunnel::Type0 mt;

```
mt.PutPos("No.165+89.00",185.8544,242.4144);
mt.PutPos("No.166+00.00",196.7421,243.9819);
mt.PutPos("No.166+02.86",199.5706,244.3825);
```

```
...
mt.PutDsname("NO.187+0.0", "NO.187+20.0", "D III a");
mt.PutOffsetH("default", Q("0mm") );
mt.PutOffsetV("default", Q("-1570mm") );
```

Def:トンネルは:mt:である;

request.dpp

CADデータ取得

縦断の標高差レポート

日付: 2022/10/03 17:55:06

縦断線形: 縦断計画 (2)

既存縦断: 地形_EL5m - (2)

説明:

測点範囲: 始点: 165+89.00、終了: 187+20.97

クライアント: 作成者:

PVI	測点	東座標	北座標	既存の標高	標高設計	標高差分	ポイントタイプ
0	165+89.00	185.8544	242.4144	5.000m	27.166m	-22.166m	開始
1	166+00.00	196.7421	243.9819	5.000m	27.100m	-22.100m	標準
2	166+02.86	199.5706	244.3825	5.000m	27.083m	-22.083m	既存

NATMトンネル：リクエスト機能

リクエスト機能：設計図面から読めなかった3次元モデルのパラメータに対し、**手入力をリクエストする機能**

プログラム実行後、Requestフォルダの中にmakemodel.dppというファイルが自動作成

makemodel.dppの例

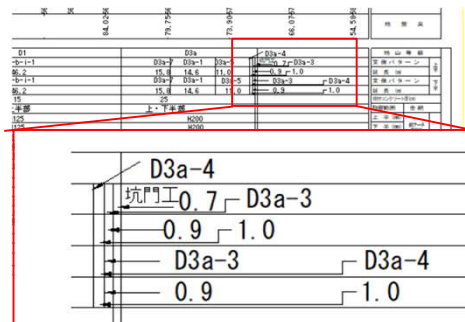
```
Def:名前が:"DIIIa":の断面の吹付コンクリート厚は:Q("25cm"):である;
Def:名前が:"DIIIa":の断面の覆工コンクリート厚は:Qy("35cm"):である;
Def:名前が:"DIIIa":の断面のインパート厚は:Q("50cm"):である;
Common1::MTunnel::Type0 mt;
mt.PutUsname("NO.110+71.0", "NO.110+72.6", "D3a-3");
mt.PutUsname("NO.110+72.6", "NO.110+73.6", "D3a-4");
mt.PutOffsetH("default", Q("-122mm"));
mt.PutOffsetV("default", Q("-1580mm"));
Def:トンネルは:mt:である;
```

意味

自然言語に近い表現とプログラミング言語の表現

測点NO.110+71.0と測点NO.110+72.6の間に断面D3-3がある
 測点NO.110+72.6と測点NO.110+73.6の間に断面D3-4がある
 FHの水平オフセットのデフォルト値を-122mmとする
 FHの垂直オフセットのデフォルト値を-1580mmとする

デフォルト値を修正する必要



RC橋梁とNATMトンネルの3次元モデル自動構築の検証

◆ 比較対象

- 受領モデル：研究者が、自分の計算環境で自動構築したモデル
- 処理結果：技術者が、プログラム群を含む計算環境を作成し、自動構築したモデル

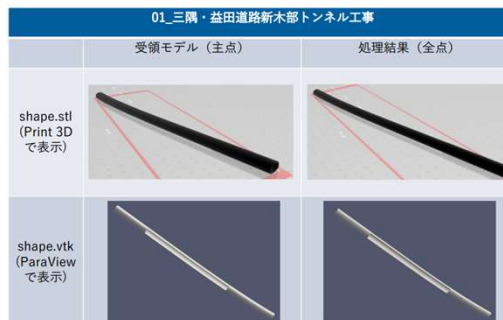
◆ 比較内容

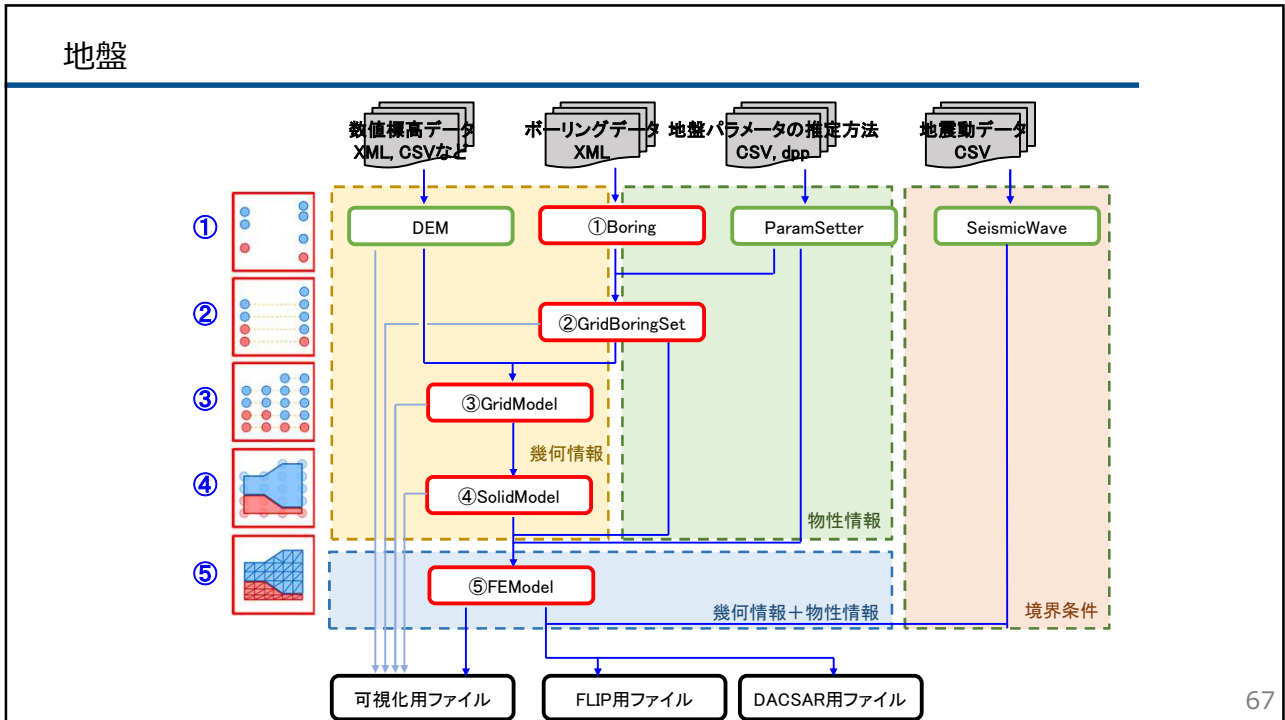
- 部材単位での一致/不一致
- リクエスト機能の良否

NATMトンネル

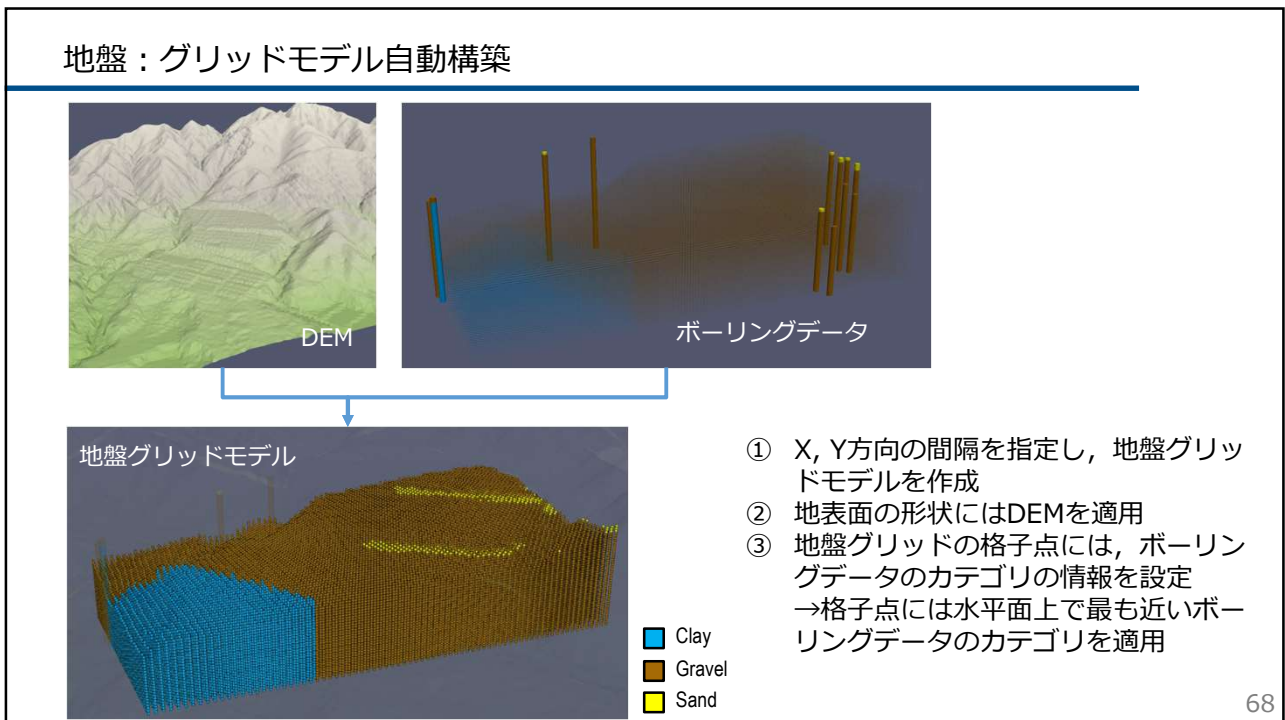
	request修正(費与データ)								request修正(01/17時点)							
	01	02	04	05	06	07	09	03	08	12	13	15	16	17		
1. 断面	○	○	○	○	○	○	○	○	△	-	○	-	○	-	○	
2. 複数断面	○	○	○	○	○	○	○	○	×	-	○	-	○	-	○	
3. 断面配置	○	○	○	○	○	○	○	○	×	-	○	-	○	-	○	
4. 線形	△	△	△	△	△	△	△	△	×	-	△	-	△	-	△	
5. スパン	○	○	○	○	○	○	○	○	×	-	○	-	○	-	○	
6. 空洞	×	○	×	×	×	×	○	○	-	×	-	○	-	○		
備考								一部の	モデル			モデル	なし			

RC橋梁



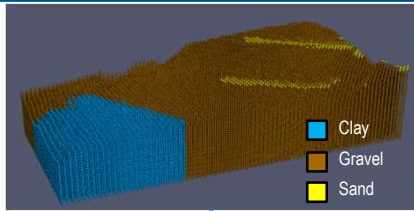


67

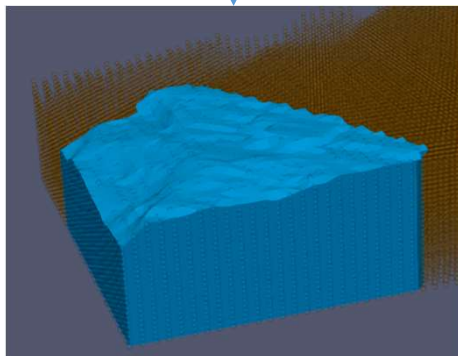


68

地盤：ソリッドモデル自動構築

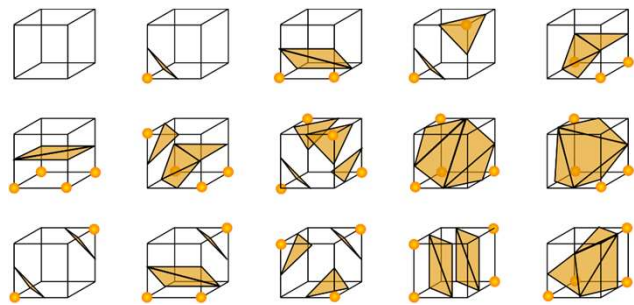


粘土の境界を作成



- ① 地盤グリッドモデルの格子点を頂点とする立方体のソリッド要素を作成
- ② ソリッド要素内部に、カテゴリの境界に対応した面を作成
- ③ 境界面を使って、立方体ソリッド要素を四面体ソリッド要素に分割

ソリッド要素内の境界：Marching Cube法

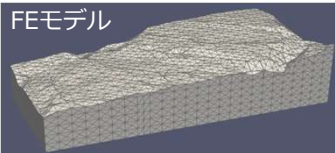


立方体の頂点のカテゴリから三角形の分割面を生成

69

地盤：FEMモデル自動構築

FEモデル

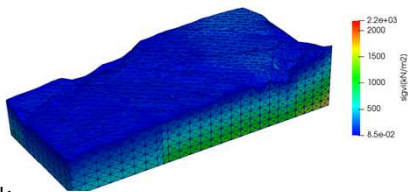


ParamSetter

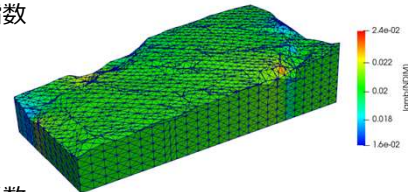


- ① 各要素のN値を周辺のボーリングデータから補完
- ② 各要素のパラメータを、N値を使う推定方法に従って設定

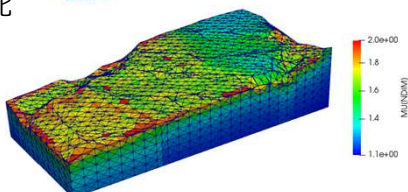
初期鉛直有効応力



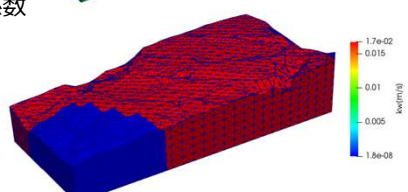
圧縮指数



限界応力比



透水係数



70

地盤：検証

◆ 読み込み機能とモデルの作成機能

- 動作確認
- 異常な引数が入力された際の異常検知

	対象スクリプト	確認事項の例
1	BoringXML(ipath+"Boring_XML/");	ボーリングXMLファイル読み込み機能 <ul style="list-style-type: none"> 読み込むXMLファイルを変更 XML柱状図ファイルの拡張子を変更 柱状図ではないXMLファイルを読み込
2	dem.addData(GSI_DEM(ipath+"DEM_XML/"+fname, origin_no=5, elev_no_data=0.0));	DEMデータ読み込み機能 <ul style="list-style-type: none"> 引数の座標系の変更 引数の出力間隔の変更
3	Ground::GridBoringSet(bdat, ps_category, 5, zspacing="20m", zmin="120m");	グリッドボーリングデータの作成機能 <ul style="list-style-type: none"> 引数zspacingを変更 引数zminを変更
4	Ground::GridModel(gridbdat, dem, xspacing="30m", yspacing="30m");	グリッドモデルの作成機能 <ul style="list-style-type: none"> 引数xspacingを変更 引数yspacingを変更
5	Ground::SolidModel(gridmodel, ps_category);	ソリッドモデルの作成機能 <ul style="list-style-type: none"> 引数gridmodelの条件変更
6	Ground::FEModel(solidmodel, ps_EC, dirpath=opath);	FEモデルの作成機能 <ul style="list-style-type: none"> 引数dirpathの変更 引数ps_ECの条件変更

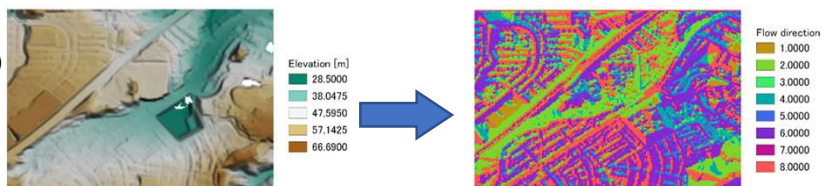
71

河川

- ◆ DPPに河川レーザ測量データの読み込み機能を実装
- ◆ ラスタ形式データを、流域スケールのシミュレーション（降雨流出iRIC・氾濫モデルRRI・土砂移動モデルDRSRIS）の入力ファイルに自動変換する技術の開発

	入力ファイル	出力ファイル	詳細
1	UAVレーザ測量データ (.las)	iRIC用 (.csv)	.lasはバイナリファイル
2	数値標高モデルデータ (.xml, .tif)	RRI用 (.asc) DRSRIS用 (.asc)	DEMから流向データを作成 .ascはasciiファイル
3	土地被覆図データ (.tif)	DRSRIS用 (.asc)	土地被覆を土地利用に変換

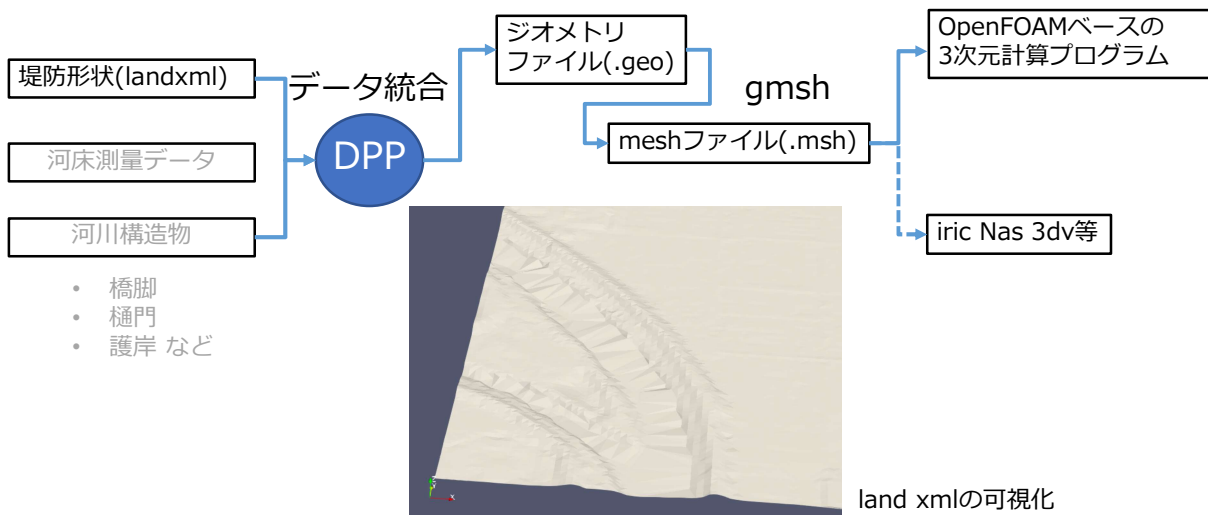
変換例：
tif形式の数値標高（DEM）
→流向データ



72

河川：3次元アプリケーションモデル自動構築

- ◆ land xml形式の3次元堤防データの3次元河床変動シミュレーションに利用
- ◆ 地盤分野作成のland xmlの読込機能を応用（再利用）

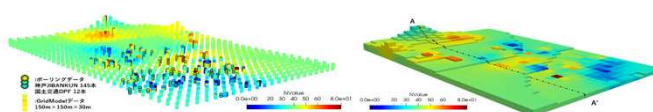


73

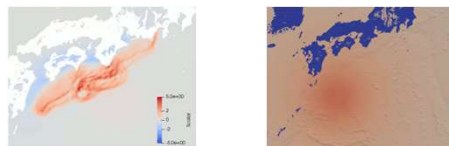
港湾

対象	開発内容
津波	津波解析T-STOCを標準仕様と想定し、G空間情報センターのデータをT-STOC用の入力ファイルに変換する手作業を自動化
地震応答	地震応答解析FLIPの利用を想定し、汎用3次元地盤モデルを3次元FEMモデルに変換し、さらにFLIP用入力ファイルに変換
地震応答・津波統合	FLIPの地盤沈下の解析結果を反映したT-STOCの入力ファイルの自動作成

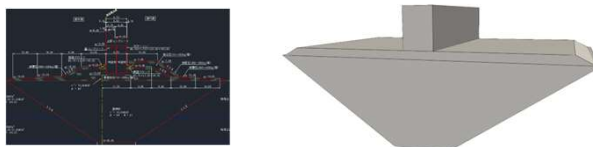
3次元地盤モデルからFLIP用の入力ファイル自動作成



津波・高潮解析の省力化



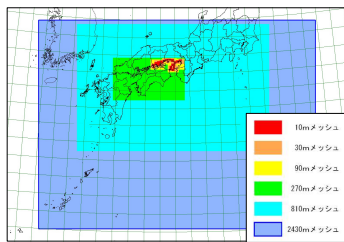
2次元港湾構造物図面から3次元モデルの生成



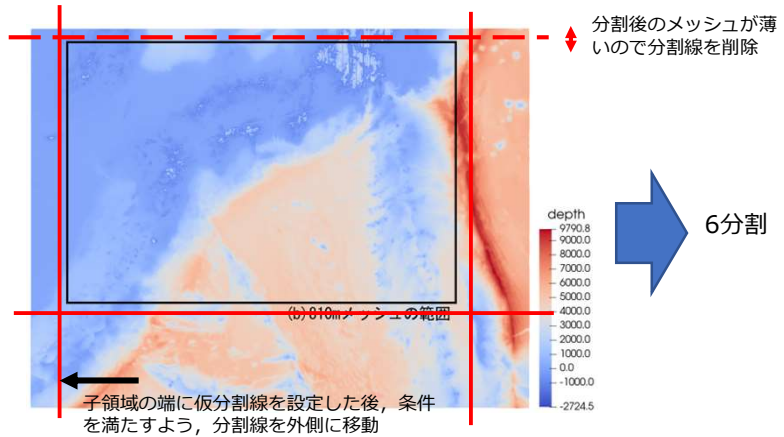
74

港湾：津波・高潮解析の省力化

- ◆ マルチスケール解析：低分解能大領域から高分解能小領域
- ◆ 各種データを利用したマルチスケール解析モデルの自動構築



津波のマルチスケール解析

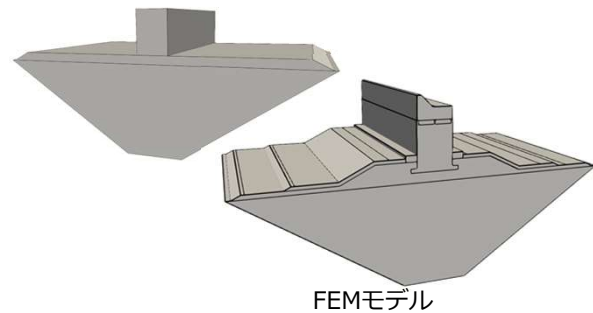


必要なパラメータを自動設定 → 解析コストの削減

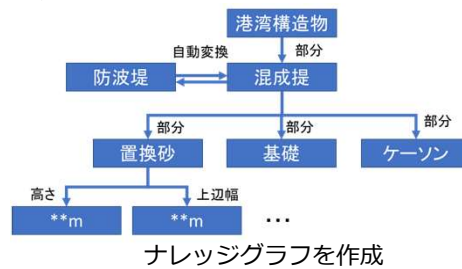
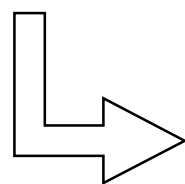
港湾：FEMモデル自動構築



電子納品基準を満たした図面データ



FEMモデル

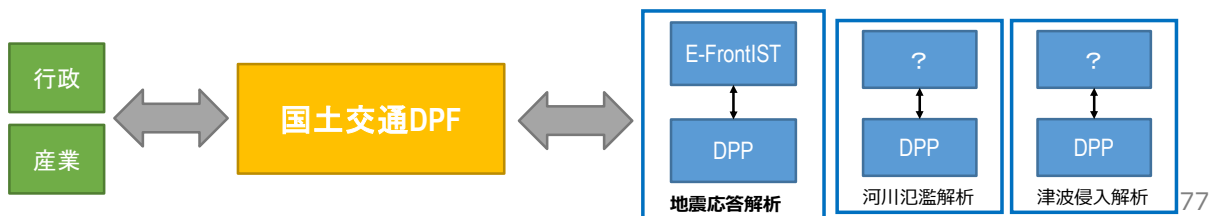


おわりに

- ◆ HPCを利用した統合地震シミュレーション
 - IES 都市丸ごとの地震シミュレーション
 - 首都直下地震と南海トラフ地震の被害予測

- ◆ 地震応答解析のための並列有限要素法
 - e-FrontISTR 建設分野の地震応答解析のための並列有限要素法
 - 並列ソルバと3次元テンソル材料構成則（コンクリート，地盤）

- ◆ 防災・インフラ用の都市のデジタルツインの自動構築
 - DPP インフラデータ処理プラットフォーム
 - 都市の3次元可視化から先端シミュレーションへ



アドバンスソフト
からの情報提供

1. 今後のセミナー予定
2. セミナー資料のダウンロード
3. アーカイブ動画のご案内

Copyright ©2023 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

アドバンスシミュレーション・セミナー2023 開催予定一覧

No.	日程	内容	テーマ
第1回	4月21日（金）	「防災・インフラ分野でのシミュレーションへの期待と課題」 国立研究開発法人 海洋研究開発機構 付加価値情報創生部門 部門長 堀宗朗 様	防災・インフラ
第2回	5月19日（金）	「半導体デバイスの歴史と展望」 IEEE LIFE FELLOW 広島大学 名誉教授 角南 英夫 様	半導体
第3回	6月22日（木）	特別セミナー① 「複雑流動現象の数値シミュレーション」 大阪大学 基礎工学研究科 機能創成専攻 教授 後藤 晋 様 「機械学習による流体解析の拡張」 University of California, Los Angeles (UCLA) 教授 平邦彦 様	複雑流動・機械学習
第4回	7月21日（金）	「GPU スパコンによる混相流シミュレーション・流体構造連成のシミュレーション」 東京工業大学 学術国際情報センター 教授 青木 尊之 様	流体・HPC
第5回	8月3日（木）	「原子力安全に必要な計算科学技術への期待」 東京大学大学院 工学研究科 原子力国際専攻 教授 笠原 直人 様	原子力安全
第6回	9月14日（木）	「量子コンピュータと量子アニーリングマシン：基礎から最先端まで」 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 新原理コンピューティング研究センター 副研究センター長 川畑 史郎 様	量子コンピュータ
第7回	10月6日（金）	「爆轟から見えるCAEの方向性」 青山学院大学 理工学部 名誉教授 林 光一 様	爆轟
第8回	11月10日（金）	「都市のデジタルツイン」 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 デジタルアーキテクチャ研究センター 総括研究主幹 中村 良介 様	デジタルツイン

Copyright ©2023 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

下記のURLから、過去のセミナー資料をダウンロード可能です。
<https://www.advancesoft.jp/download/>



シミュレーション図書館 (資料ダウンロード) について

- 初めてご利用いただくお客様は、「新規メンバー登録 (フォーラム会員登録)」をお願いいたします。ご登録いただきますと、いただいたメールアドレスあてにダウンロード用のログインパスワードをお知らせいたします。
- ログインパスワードをお持ちのお客様は、お客様のご登録されたメールアドレスと、こちらからお知らせしましたパスワードで、ログインしてください。ログイン中はどの資料もダウンロードいただけます。
- 会社案内、会社概要、開発実績は、ログイン不要でダウンロードいただけます。
- ご登録いただいたメールアドレスあてに、メールマガジンやアドバンスソフトからのご案内をお送りさせていただきます場合がございますので、ご了承ください。
- 資料に含まれている内容を、その一部でも著作権者の許諾なしに、複製、改変、配布を行うことおよびインターネット上で提供する等により、一般へ送ることは法律によって固く禁止されています。

資料カテゴリー一覧

パッケージソフトウェア▷ ナノ・バイオ 半導体 流体 管路系 二相流 防災 構造 統合環境
 解析・コンサルティング▷ 防災・地震 二相流 2次電池 その他

パンフレット▷ 書籍 パッケージソフトウェア

会社案内 (ログイン不要)

資料一覧

JAMSTEC

検索

【解析・コンサルティング (防災・地震)】> セミナー資料 (「JAMSTEC 最先端 DEM (離散要素法) 技術製品化 記念技術セミナー」20220318_all 【全体】)

カテゴリー

解析・コンサルティング

【解析・コンサルティング (その他)】> セミナー資料 (【オンラインセミナー】第6回 アドバンス・シミュレーション・セミナー 2022 応用を見据えた JAMSTEC の研究開発) 回)

カテゴリー

解析・コンサルティング

【解析・コンサルティング (その他)】> セミナー資料 (【オンラインセミナー】第9回 アドバンス・シミュレーション・セミナー 2022 「JAMSTEC の最先端地球科学」回) 20221223_all 【全体】)

カテゴリー

解析・コンサルティング

【解析・コンサルティング (その他)】> セミナー資料 (【オンラインセミナー】第1回 アドバンス・シミュレーション・セミナー 2023 「JAMSTEC 堀宗朗先生」) 20230421_all 【全体】)

カテゴリー

解析・コンサルティング

【パンフレット】> 離散要素法による粒子シミュレーションソフト Advance/DEPTH

カテゴリー

パンフレット パッケージソフトウェア

Copyright ©2023 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

YouTubeにて、セミナーのアーカイブ動画を配信中
<https://www.youtube.com/user/advancesoft>



- 【セミナー動画】第1回 アドバンス・シミュレーション・セミナー 2023年4月21日 (金) 開催 [防災・インフラ分野でのシミュレーション] advancesoft • 0 回視聴 • 35分前
- 【セミナー動画】第10回 アドバンス・シミュレーション・セミナー 2023年1月20日 (金) 開催 [環境対策を身近に感じることができる...] advancesoft • 34 回視聴 • 2 か月前
- 【セミナー動画】第9回 アドバンス・シミュレーション・セミナー 2022年12月23日 (金) 開催 (「JAMSTEC の最先端地球科学」回) advancesoft • 98 回視聴 • 3 か月前
- 【セミナー動画】第6回 アドバンス・シミュレーション・セミナー 2022年11月11日 (金) 開催 (動的破壊進展解析と大規模粒子シ...



- 【セミナー動画】 NanoLabo/NeuralMD 新機能紹介セミナー 2023年4月20日 (木) 開催 advancesoft • 2 回視聴 • 6 時間前
- 【セミナー動画】 OpenModelica 活用セミナー 2022年11月30日 (水) 開催 advancesoft • 166 回視聴 • 4 か月前
- 【セミナー動画】 アドバンスソフトの半導体デバイス、電磁波解析のご紹介 ~DX、グリーンイノベーションを加速する数... advancesoft • 70 回視聴 • 4 か月前
- 【セミナー動画】 NanoLabo 新機能、新製品 NeuralMD Pro ご紹介セミナー 2022年11月10日 (木) 開催

Copyright ©2023 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.



警告

このレポートに収録されている文章および内容については、ご自身のために役立つ用途に限定して無料配布しています。このレポートを、販売、オークション、その他の目的で利用するには、著作権者の許諾が必要になります。このレポートに含まれている内容を、その一部でも著作権者の許諾なしに、複製、改変、配布を行うことおよびインターネット上で提供する等により、一般へ送ることは法律によって固く禁止されています。